



# **Università degli Studi di Urbino Carlo Bo**

Dipartimento di Scienze Biomolecolari (DISB)

**Ph.D. SCIENZA DELLA VITA, SALUTE E BIOTECNOLOGIE**

Curriculum: Scienza dell'esercizio fisico e salute

XXX ciclo

**“Ergonomics for the game: internal and external load analysis for  
problem solving in training soccer”**

**(Per l'ergonomia del gioco: l'analisi del carico interno ed esterno per  
risolvere i problemi nell'allenamento del calcio)**

Tutor:

Chiar.mo Prof. Riccardo E.Izzo

Ph.D Student:

Dr Marco Giovannelli

Matricola: 269797

Settore Scientifico Disciplinare: M-EDF/02

Anno accademico 2016-2017

*Ad Amatrice e le  
sue 239 vittime  
A tutte le 299 vittime del sisma  
24/08/2016  
ore 3.36*

*A mia moglie Lucia  
Ai miei genitori Fernando e Rossella*

## **INDICE**

Ringraziamenti.....	4
Prefazione.....	5
Introduzione.....	6
Calcio Europeo: definizione del contesto socio-economico e culturale.....	13
<b>Capitolo I: Materiali e Metodi</b>	
Abstract.....	18
Disegno sperimentale.....	19
Il carico interno: TReS Scale, Borg-CR10 Scale e SRPE, HRV, Metodo Edwards, Metodo TRIMP, Il carico acuto e il carico cronico mediante SRPE.....	23
Il carico esterno: I parametri del K-GPS e analisi K-Fitness, il carico acuto e il carico cronico mediante corsa ad alta ed altissima intensità, accelerazioni e decelerazioni ad alta ed altissima intensità.....	34
<b>Capitolo II: Ricerca</b>	
Analisi Statistica e Risultati.....	39
<b>Capitolo III: Discussione</b>	
Conclusioni e Applicazioni pratiche.....	47
<b>Capitolo IV: Bibliografia.....</b>	
	49

## **Ringraziamenti**

Un altro capitolo del mio percorso di vita e lavorativo si sta chiudendo, è stato bello e difficile come sempre, ho tolto tempo alla mia famiglia, a mia moglie Lucia, che è stata straordinaria come sempre con il suo supporto. Ho tolto del tempo ai miei genitori Fernando e Rossella, che mi hanno permesso di arrivare fin qui e che han sempre creduto in me. Ma in me hanno sempre creduto tante persone che non ci sono più, perché questa tesi finale va dedicata anche a loro, dai miei nonni Franco, Augusta e Primo a i miei zii Gabriele, Severino ed Elisabetta e a Gino un secondo nonno. Oltre loro la mia dedica è al paese da dove sono partito Amatrice, sì, proprio il paese più conosciuto al Mondo nell'ultimo anno, perché un sisma terribile lo ha portato via. Sono nato e cresciuto lì. Quando parti, ormai 16 anni fa, lasci amici e parenti, ma soprattutto lasci persone, che saranno sempre con te. Il 24 Agosto 2016 alle 3.36 il tempo si è fermato per sempre, 239 persone morte, un sisma di magnitudo 6.0 ha portato via tutto. Lì ci hanno lasciato Lucia e Patrizia, una seconda nonna e una zia straordinaria, le persone più care che avevo che erano più che parenti. La soddisfazione di essere arrivato in fondo è anche per loro. Questo mio lavoro è dedicato a loro, è dedicato al paese da dove sono partito, dove ho potuto studiare per fare il percorso successivo, perché anche la mia vecchia scuola è stata cancellata. Un fatto è certo restano i ricordi e le emozioni, la vita continua, finché siamo vivi c'è una grandissima speranza di ripartire. E' dura ma avanti. Io amo il calcio, come sport vero, ed è anche il mio lavoro, come preparatore atletico professionista di calcio. Per questo ringrazio tutti i mister che ho avuto fino ad ora, in particolare anche Mister Hernan Crespo, che mi ha permesso di lavorare e prendere i dati della squadra costantemente, per costruire questo elaborato di tesi. La mia speranza è di dare un contributo adeguato alla scienza dello sport con quel che mi sono posto in oggetto di fare. Grazie a tutti.

## ***Prefazione***

Il progetto che andremo a presentare ha come obiettivo principale quello di analizzare la prestazione fisica del giocatore di calcio in relazione all'analisi del carico interno ed esterno. Quello che ci siamo proposti è cercare di stabilire secondo le indicazioni del mio Tutor quali sono le relazioni tra i parametri del Carico Interno (ITL: Internal Training Load): Frequenza Cardiaca, Scala di Borg CR-10, Scala TReS recuperi e disponibilità e quelli del Carico Esterno (ETL: External Training Load): TD (m),AMP (W/Kg), EEE (KJ/Kg), D\_SHI(m), D\_AccHI (m),D\_DecHI (m),D\_MPHI (m), %D\_SHI, %D\_AccHI, %D\_DecHI, %D\_MPHI, ED%, D\_A1(m), D\_A8 (m),%D\_A1, %D\_A8, D\_S5 (m).

Allo stato attuale diventa necessario per il calcio di alto livello stabilire le corrette relazioni che intercorrono tra questi parametri per adeguare in maniera sempre più precisa ed individuale il carico di lavoro da somministrare al calciatore nel corso dei regolari allenamenti settimanali. Tutto ciò nasce dall'osservazione diretta del lavoro che svolgo quotidianamente in campo come preparatore fisico professionista di calcio che è strettamente collegato al lavoro dell'allenatore e delle sue richieste. In questo momento storico diventa necessario stabilire il giusto carico di lavoro individuale per i propri atleti/giocatori, in base al ruolo ed in base allo stato fisico giornaliero, andare a misurare ad "occhio" ciò che proponiamo è un elemento deleterio e contrastante con le possibilità tecnologiche attuali. La scienza dell'allenamento ha fatto progressi straordinari, ma da sola non basta se non viene coadiuvata da corrette applicazioni delle indicazioni che ci fornisce da parte del preparatore fisico e dello staff tecnico del team che si allena. I numeri da soli non ci danno delle risposte definitive, vanno applicate alla pratica del campo. Stabilire corrette relazioni tecnico tattiche e fisico atletiche nelle proposte allenanti settimanali consente di ottimizzare al massimo ciò che si fa nella pratica quotidiana, in maniera tale che tutti possano rendere al massimo. Il normale pensiero comune è quello di "pensare" che il calcio non è una scienza, ma un gioco, ciò è corretto e giusto sotto tutti i punti vista, ma la scienza può aiutare a migliorare il calcio. La questione è molto complessa sotto diversi aspetti e va affrontata oggettivando ciò che si propone, rendendolo scientifico e pratico allo stesso tempo. L'applicabilità di ciò che si fa consente di valutare con prontezza la situazione e di dare più informazioni possibili al preparatore fisico, ma anche e soprattutto all'allenatore. Il nostro scopo è anche quello di far sì che l'allenatore trovi utile e pratico-scientifico ciò che gli viene indicato e proviene da tali dati così da rafforzare sempre di più il binomio allenatore e preparatore atletico. A nostro avviso è molto importante evitare di utilizzare ciò che non abbia validità scientifica per giustificare cosa accade all'atto pratico, in quanto rispettando i canoni della scienza dell'allenamento si possono apportare notevoli miglioramenti

sotto tutti i punti di vista, dall'aspetto fisico all'aspetto tecnico-tattico che sono strettamente collegati tra di loro. In conclusione uno sport praticato con adeguati apporti scientifici per migliorare la performance sportiva, pratica e scienza-scienza e pratica.

## ***Introduzione***

L'interesse di questo argomento risulta di particolare importanza nel mondo calcistico nel quale il numero di allenamenti previsti suggerisce l'impiego delle esercitazioni con e senza la palla a valenza fisica. I profili specifici del singolo giocatore e della squadra per il carico interno (ITL) e il carico esterno (ETL) sono determinanti per pianificare e garantire un'ottima prestazione fisica in gara. Essendo le variabili molto complesse è necessario determinare specifici costrutti rilevanti per la pratica del gioco. In primis quantificare adeguatamente il carico di allenamento settimanale e ottenere le risposte adeguate al termine di esso è uno step determinante per verificare il lavoro proposto. Il monitoraggio dell'allenamento con e senza palla nel calcio odierno è la base necessaria per rendere più specifica ogni proposta presentata. Comprendere le corrette relazioni tra aspetto fisico e aspetto tecnico-tattico consente di rendere oggettivo quello che vediamo nella realtà di ogni allenamento e partita: pensare che una squadra corre di più rispetto ad un'altra solo valutando l'aspetto fisico e trascurando quello tecnico-tattico è privo di ogni senso. La visione che si vuole dare deve essere globale, aperta a capire che ogni elemento va valutato e preventivamente analizzato per limitare il più possibile errori di ogni tipo. Non fare riferimento a ciò priverebbe di ogni senso il nostro lavoro sul campo. La chiave di lettura deve partire dal concetto di modello di gioco della squadra e portare ad analizzare in maniera dettagliata ciò che esso ci dice: non basta programmare allenamenti privi di funzionalità per quello che ci serve, ma diventa necessario creare allenamenti in funzione del modello prestativo della propria squadra (individuale) e dei ruoli ricoperti dal singolo giocatore in campo. Tutto fin qui sembra molto chiaro e applicabile con semplicità, però c'è una domanda che rende questa analisi molto più complessa: Quali sono le relazioni tra carico interno e carico esterno? Quali sono i parametri più importanti da prendere "realmente" in considerazione per il carico interno e quali per il carico esterno? Quali sono semplici e pure analisi "descrittive" della situazione di gara e di allenamento che non consentono una vera programmazione del lavoro? A queste domande proveremo a dare una risposta scientifica valida e applicabile a partire dalle più attuali ricerche in merito alla Training Load Analysis.

Le prime evoluzioni tecnologiche riguardavano il carico interno come ad esempio i cardiografometri nei primi anni 70' hanno permesso ai metodologi dell'allenamento di avviare studi approfonditi con diversi metodi di analisi della frequenza cardiaca (HR) (Metodo Edwards, Metodo Banister (TRIMP), Metodo Lucia, Metodo dei prelievi del lattato ematico e muscolare) di ottenere le informazioni utili a quantificare la risposta al carico di allenamento somministrato. Più avanti si aggiungerà la HRV (Heart Rate Variability) lo studio della variabilità cardiaca. Negli anni 60' grazie agli studi del fisiologo Gunnar Borg (1962) viene pubblicata la Scala di Borg CR-10

(Scala Soggettiva di Valutazione), per la quantificazione dello sforzo percepito (RPE) post allenamento (la quale ha una alta correlazione con la frequenza cardiaca: all'aumentare dello sforzo percepito aumentava la FC raggiunta durante l'attività). Tutti questi metodi con precisione e validità scientifica danno un'indicazione adeguata sul livello di intensità raggiunta in allenamento e con un'analisi approfondita consentono di quantificare adeguatamente il carico interno settimanale (es. % del tempo in cui il soggetto è stato sopra il 90%F<sub>cmax</sub>, SRPE ecc). Qui abbiamo un'indicazione corretta di quanto il nostro atleta ha dato in ogni singolo allenamento e settimana in termini di carico interno di allenamento e riusciamo a rispondere alla domanda: si è allenato?

In seguito l'evoluzione tecnologica ha portato tramite la Match Analysis (fisica e tecnico-tattica) e l'uso dei GPS una serie di informazioni notevoli da poter utilizzare nella pratica di campo e per la ricerca scientifica sportiva in termini di carico esterno. Dove nasce il problema? La Match Analysis è un descrittore della gara che il team e i giocatori effettuano e ci fa capire in maniera longitudinale (intero periodo di campionato, gara dopo gara, qual'è la condizione fisica e la disposizione tecnico-tattica del singolo e del gruppo). Fino a questo punto diventa molto utile e chiarisce il dilemma tra squadre e giocatori che corrono e qualità del gioco e della corsa sul campo. L'analisi dei GPS che viene effettuata e applicata al calcio parte da un principio "storico e datato" scientificamente non validato di allenarsi con la media della partita: creare esercitazioni che raggiungono le medie dei parametri di gara, con un semplice semaforo rosso (insufficiente), giallo (eccesso) e verde (sufficiente). Validità scientifica praticamente inesistente. Quindi diventa necessario, nel rispetto della ricerca scientifica e sportiva, applicare correttamente l'uso dei GPS all'allenamento sportivo, soprattutto negli allenamenti con la palla (tale tecnologia nasce in primis per questo). L'obiettivo del seguente studio, in relazione agli articoli scientifici di riferimento è quello di stabilire la corretta relazione tra i parametri del carico interno e quelli del carico esterno e comprendere in modo scientifico quali sono quelli più utili nel carico esterno a dare un'indicazione adeguata del lavoro somministrato, così da evitare di rimanere ad una semplice "descrizione" dell'allenamento. Nell'analisi del lavoro mediante GPS diventa determinante per il preparatore fisico analizzare i corretti spazi delle esercitazioni proposte con la palla e da lì trarre corrette indicazioni per spazio occupato da ogni singolo giocatore e comprendere meglio se è un allenamento ad esempio con più o meno accelerazioni, decelerazioni di diversa intensità oppure ci sono più corse a velocità ad altissima intensità. Copiare la partita scientificamente non ha una validità, invece allenarsi raggiungendo delle intensità stabilite (secondo gli obiettivi di allenamento programmati giornalmente) genera le modificazioni fisiologiche necessarie alla prestazione.

“Evidence based coaching”, il punto di partenza di un’analisi adeguata a livello di ricerca scientifica applicata allo sport e in questo caso al calcio, l’allenamento basato sull’evidenza scientifica. Molti sono stati gli studi che hanno portato a cambiamenti importanti e miglioramenti in questo ambito. Complessi possiamo dirlo, perché non è sempre facile rendere oggettivo cosa sembra non esserlo a seguito di una teoria di analisi. Cercheremo di parlare degli articoli scientifici più rilevanti in quanto ci sono 54 anni di studi e analisi sul Training Load e in particolare modo sul calcio. Già a partire dal 1950 Gunnar Borg, introdusse l’applicazione pratica dello sforzo percepito mediante la sua scala CR-10 nella sua tesi di dottorato. Nel 1962 pubblicò il primo articolo derivante dalla sua tesi di dottorato, *Physical Performance and Perceived Exertion*, Thesis in Studia Psychologica et Pedagogica (1962). Essa indicava il corretto approccio nell’applicazione della scala di Borg per soggetti affetti da patologie cardiache ed in seguito applicata al calcio.

Per trovare delle indicazioni in merito applicate al calcio dobbiamo fare riferimento all’articolo di Impellizzeri FM et al *Use of RPE-based training load in soccer Med Sci Sports Exer, Vol.36, No. 6 pp 1042-1047 2004,(32)*, nel quale si effettuano tutte le correlazioni della RPE con i diversi metodi di quantificazione del carico interno mediante frequenza cardiaca. Da tale articolo si evince un’alta correlazione di essi con la scala di Borg, il che rende quest’ultima di utile applicazione per il gioco del calcio. In seguito grazie alla diffusione e all’uso di diverse tecnologie, l’analisi del carico interno è diventata sempre più dettagliata, sempre a riguardo ci sono tre articoli di notevole interesse sull’argomento: Nel primo Castagna C. et al (2011),(15), a partire da “un case study”, viene analizzata la distribuzione settimanale del lavoro aerobico in giocatori di calcio professionisti di alto livello per quantificare il giusto carico di lavoro settimanale atto a generare adattamenti specifici. Nel secondo articolo, collegato al primo, Castagna C. et al (2013) (16), in un “team study” fanno riferimento alle variazioni preseason nella fitness aerobica e come esse incidono sui giocatori professionisti di calcio di alto livello in termini di risposta di carico interno di lavoro, ponendo le basi per indicare la “efficacy dose” and “efficacy intensity” during day and week (15). Tali articoli in seguito consentiranno a Manzi V. et al (2013) (43) di proporre l’ Individual Training Load Impulse (TRIMPi) e dare quindi un’ indicazione corretta sulla “efficacy dose” (15;35) necessaria a garantire un carico di lavoro “ponderato” su base scientifica. Da questi tre articoli si evince come “Useful parameters: HR Validity RPE CR-10, TRIMPi validity, Efficacy Intensity >90%HRmax, Efficacy dose >500AU from Aerobic Fitness, Efficacy Dose >400 AU from Sub-max Aerobic Fitness, Maintenance Dose and Development Dose 7-10% Weekly Load (>90-95% HR max)” (11,15,16,26,30,37), sono gli indicatori più importanti per la quantificazione del carico interno di lavoro giornaliero, settimanale e mensile.

Come già precedentemente confermato l'evoluzione tecnologica a partire dal **2007 (13)** anno del primo studio con l'utilizzo dei GPS ad 1hz ha consentito di approfondire lo studio del carico esterno di lavoro garantendo un'apertura importante per valutare tale parametri di lavoro: da questo momento in poi non solo le partite potevano essere analizzate mediante Match Analysis, bensì anche gli allenamenti mediante l'utilizzo della tecnologia. Nello studio condotto da Barbero, Castagna C. et al. è stato validato lo Yo yo Intermittent Recovery Test per i giovani giocatori di calcio e stabilite le correlazioni tra distanza totale percorsa in gara, distanza percorsa ad alta intensità in gara (>16-17Km/h) e il risultato ottenuto nel test in metri percorsi. Da tale ricerca si evince un'alta correlazione tra tale test e le distanze di percorse in gara: i giocatori più performanti nel test erano anche quelli che percorrevano maggiori distanze ad alta intensità in partita. Tale GPS ad un 1hz non consentiva però di analizzare le fasi di accelerazione e decelerazione, ma non perché non erano importanti e non considerate, bensì per effetto della "carezza" nello sviluppo tecnologico dei primi sistemi satellitari per lo sport.

Un nuovo approccio, grazie all'evoluzione dei sistemi di tracciamento e dei sistemi GPS è stato effettuato da Osgnach et al (**31**) nel **2010** grazie all'introduzione del concetto di "*Metabolic Power(MP)*", con il quale si è cercato di creare degli indicatori validi per l'analisi di quelle fasi che in passato sembravano dimenticate come l'accelerazione e la decelerazione, ma che in realtà non potevano essere studiate a causa di sistemi tecnologici ancora poco sviluppati.

*"The present approach for the assessment of top-level soccer players match performance through video analysis allowed us to assess **instantaneous metabolic power, thus redefining the concept of high intensity**'bn the basis of actual metabolic power rather than on speed alone"(38)*

Un articolo molto interessante che esamina correttamente la relazione del nuovo approccio della "*Metabolic Power MP*" con l' Aerobic Fitness nei giocatori di alto livello è quello proposto da Manzi V. et al (**43**) **2014**, che applica praticamente ciò che era stato analizzato nel precedente articolo di Osgnach et al (38) 2010.

*"The aim of this study was to examine the association **between match metabolic power (MP) categories and aerobic fitness in elite-level male soccer players**. Seventeen male professional soccer players were tested for VO<sub>2</sub>max, maximal aerobic speed (MAS), VO<sub>2</sub> at ventilatory threshold (VO<sub>2</sub>VT and %VO<sub>2</sub>VT), and speed at a selected blood lactate concentration (4 mmol·L(-1), V(L4)). Aerobic fitness tests were performed at the end of preseason and after 12 and 24 weeks during the championship. Aerobic fitness and MP variables were considered as mean of all seasonal testing and of 16 Championship home matches for all the calculations, respectively.*

*Results showed that VO<sub>2</sub>max (from 0.55 to 0.68), MAS (from 0.52 to 0.72), VO<sub>2</sub>VT (from 0.72 to 0.83), %VO<sub>2</sub>maxVT (from 0.62 to 0.65), and V(L4) (from 0.56 to 0.73) were significantly ( $p < 0.05$  to  $0.001$ ) large to very large associated with MP variables. These results provide evidence to the ecological validity of aerobic fitness in male professional soccer. Strength and conditioning professionals should consider aerobic fitness in their training program when dealing with professional male soccer players. **The MP method resulted an interesting approach for tracking external load in male professional soccer players.***

A seguito di ciò Di Prampero et al (23) 2015, hanno approfondito tale studio e definito un metodo di lavoro applicabile all'allenamento a partire dal modello prestativo della gara: L'allenamento programmato in base alle medie della partita.

*“This approach can yield useful information on the bioenergetics and biomechanics of accelerated/decelerated running” (23)*

Gli studi seguenti hanno portato ad approfondire tale concetto, cercando di analizzare i diversi parametri che i nuovi GPS mettevano a disposizione e renderli il più possibile applicabili all'allenamento calcistico. L'innovazione è stata quella di provare ad applicare la media di gara e creare allenamenti esclusivamente fondati sul rispetto del modello di gioco della propria squadra. Il problema sorge nel momento in cui noi pensiamo solo esclusivamente a replicare le medie della partita e non analizziamo ciò che può servire in merito ad altri tipi di soluzioni di allenamento. Chi ci dice che basta solo allenarsi con la media di gara e replicare solo quello che accade in partita senza mai invece raggiungere delle intensità allenanti superiori per migliorare la performance dei nostri atleti? Se ragionassimo in questo modo, basterebbe solo giocare la partita ogni allenamento, ma questo è un pensiero privo di fondamento scientifico, la scienza dell'allenamento e la fisiologia ci dicono molto altro, bisogna adattare l'organismo a superare delle “barriere” dal punto di vista fisico per generare adattamenti specifici. Integrare adeguatamente il lavoro con la palla e senza palla al nostro modello prestativo: equilibrio fisiologico.

Da questo nasce una domanda molto importante dal punto di vista metodologico: quali sono gli spazi adeguati per far raggiungere corrette intensità di lavoro al giocatore di calcio? Come possiamo migliorare l'utilizzo del GPS, soprattutto nei lavori con la palla che sono quelli funzionali e specifici per il nostro gioco. Un primo approccio sperimentale è stata la validazione dei giochi a ranghi ridotti di grandi dimensioni (Super Small Sided Games), in cui il principio applicato era

quello di garantire al singolo giocatore l'occupazione di spazi pari ai metri quadrati di gara: l'ipotesi era 300 metri quadrati occupati in partita da ogni singolo giocatore (10 vs 10 escluso il portiere) e creare le giuste proporzioni in allenamento (es 5vs5+2GK su 85x34mt) per andare a lavorare in maniera specifica più sulle alte velocità di corsa (alta intensità >16 Km/h e altissima intensità >20 Km/h) rispetto a spazi più stretti. Quindi spazi in cui le dimensioni verticali erano maggiori delle dimensioni orizzontali, numero di giocatori ridotto garantiva sviluppi importanti sulle velocità di corsa, confermato nell'articolo pubblicato da Castagna C, Giovannelli M, Manzi V.(18) nel **2014**. Viceversa spazi più piccoli con ridotto numero di giocatori e dove la dimensione verticale era minore o pari rispetto alla dimensione orizzontale sviluppavano maggiori fasi accelerative e decelerative, quindi era un allenamento prettamente neuromuscolare, tale analisi è stata confermata anche dal successivo studio di Castellano J, Casamichana D. (20) del **2015**. Queste indicazioni fornite dalla ricerca scientifica ci confermano la tendenza ad un cambiamento nell'approccio dell'analisi dei dati provenienti dal GPS, in quanto siamo d'accordo sulla quantità dei numeri provenienti da esso, ma è necessario contestualizzarli in relazione alle dimensioni di gioco usate durante gli allenamenti. In ultima istanza a confermare ulteriormente tali studi c'è l'articolo di Filetti C, D'Ottavio et al del **2016 (28)** nel quale si analizzano le relazioni tra alta intensità di corsa (>16 e >20 Km/h) e le abilità tecnico tattiche del giocatore di calcio professionista durante le partite. Tale studio evidenzia scientificamente come l'aspetto fisico e tecnico-tattico sono collegati tra loro in maniera stretta e nella programmazione degli allenamenti bisogna creare il più possibile allenamenti funzionali a tutto ciò che rispettino delle intensità alte di lavoro dal punto di vista psico-fisico, sia per quello che concerne il carico esterno che il carico interno, in determinanti giorni della settimana di lavoro. Quello che diviene importante da analizzare allo stato attuale è questo: qual è la relazione tra carico interno ed esterno in relazione ai loro indicatori? Quali sono i parametri più importanti del carico esterno, in quanto allo stato dell'arte attuale, nella scienza dell'allenamento quest'ultimo è solo un "descrittore" del lavoro e non un indicatore di carico preciso come il carico interno? A tutto ciò proveremo a dare una risposta scientifica cercando di partire proprio da queste ricerche precedenti e contemporanee sul carico esterno, in quanto sono solo 9 (causa sviluppo tecnologia) gli anni che intercorrono dal primo articolo relativo ai GPS nel calcio, quindi la strada da percorrere è molto lunga ed impegnativa.

## Calcio Europeo: Definizione del contesto socio-economico e culturale

Definire il calcio e cosa rappresenta risulta piuttosto complesso per le sue innumerevoli sfaccettature. Rimane una sola certezza: lo sport più bello, seguito e praticato al mondo non è solamente giocato sul rettangolo verde.

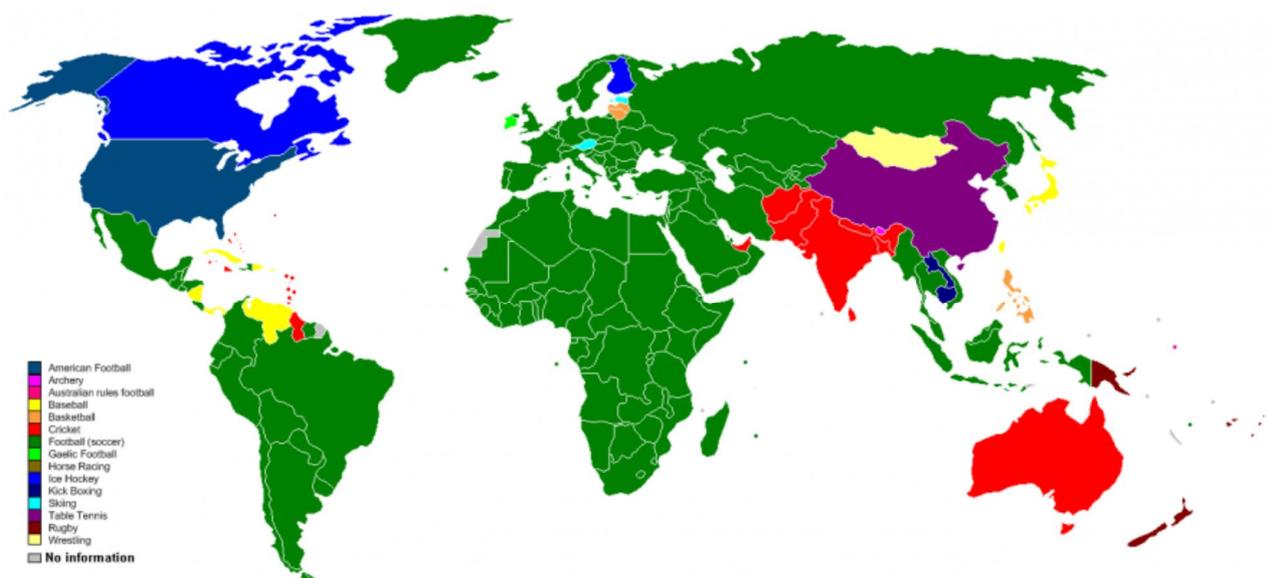


Immagine 1, sport e diffusione nel mondo, fonte: Focus.it

E' giusto parlare infatti di sistema calcio poiché interconnesso inscindibilmente con il contesto culturale, socio-economico e politico nel quale si realizza.

Al fine di avere una visione più completa verranno esposte brevemente quindi alcune tematiche riguardanti il business del pallone e la loro valenza concreta per le società.

In ambito manageriale ogni azienda deve ragionare in funzione dei profitti e di come espanderli, proponendosi di attuare strategie efficaci che attraggano nuovi investitori e clienti (nella circostanza i tifosi). Non è pura coincidenza se i grandi club come Real Madrid, Barcellona, Bayern Monaco e Manchester United si sono imposti come leader nel loro mercato interno ed in quello europeo consolidando il marchio anche all'estero e ampliando le proprie possibilità di guadagno.

Similmente non è una coincidenza se la maggior parte dei club inglesi e tedeschi della massima serie possiedono stadi di proprietà beneficiandone poi in termini di solidità finanziaria. Questi sono tutti casi concreti di programmazione oculata e gestioni vincenti costruite negli anni. La prima squadra italiana a seguire un modello virtuoso sulla scia delle grandi società europee e la Juventus, non casualmente stabile sia da un punto di vista sportivo che imprenditoriale.

L'infografica seguente, elaborata da Deloitte (una delle aziende più autorevoli per i servizi di consulenza e revisione nel settore finanziario), confronta il volume di affari e la ripartizione dei ricavi nei 5 campionati europei più importanti secondo il ranking UEFA.

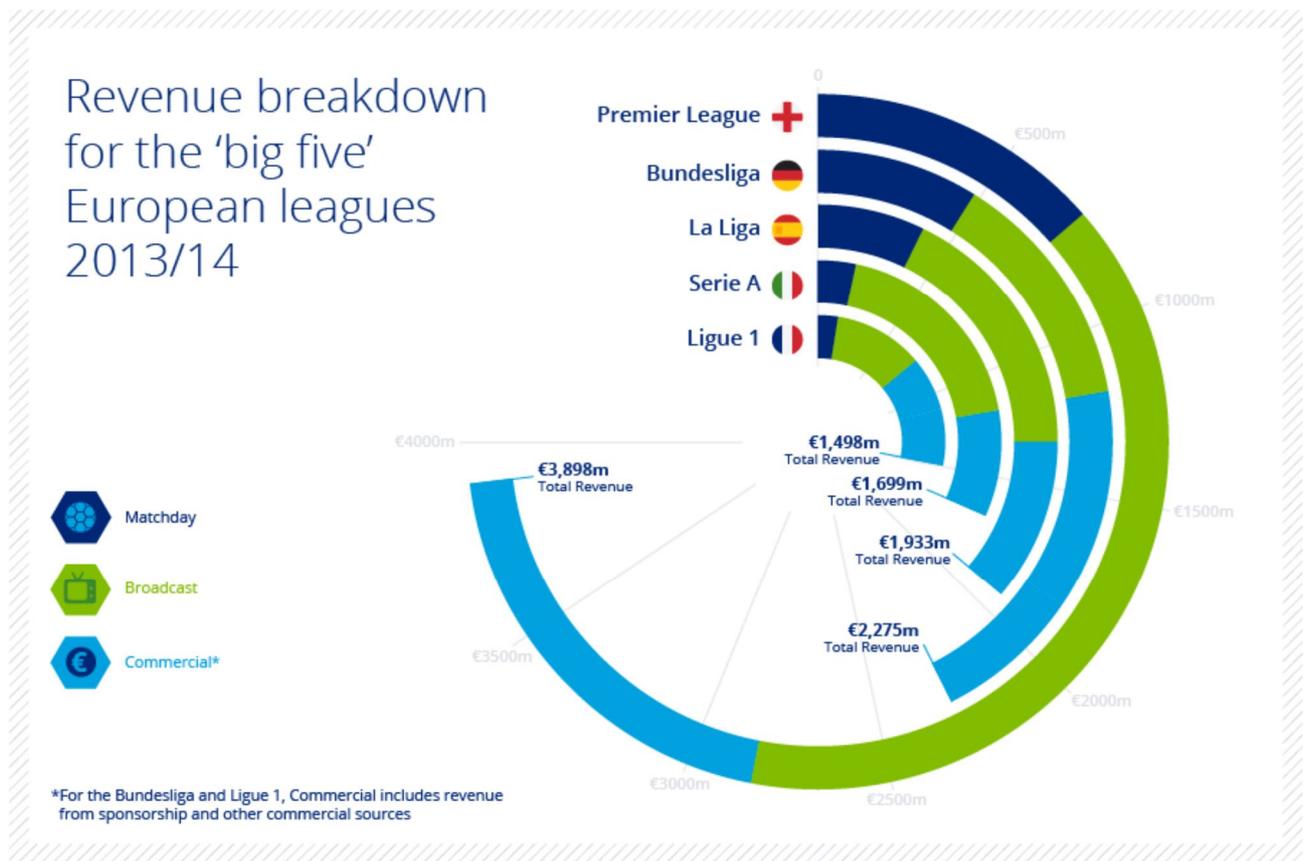


Immagine 2, ripartizione ricavi nei 5 maggiori campionati europei nel 2013/14, fonte: Deloitte

E' possibile notare come in larga parte i diritti media (servizi di broadcasting e pay TV) risultino fondamentali per la Serie A e la Liga, mentre la maggior porzione di introiti nella Bundesliga e nella Ligue 1 proviene dal settore commerciale. Discorso a parte per la Premier League che detiene record assoluti in tutte le aree, dimostrando di essere indiscutibilmente il prodotto calcistico più appetibile a livello mondiale. Le società per rafforzarsi economicamente hanno strategicamente cambiato rotta rispetto ai primi anni 2000, se infatti la voce match day (riguardante soprattutto gli incassi derivati dalla vendita dei biglietti) prima valeva circa un terzo del fatturato dei primi 20 club europei ora vale in media meno del 20%. Invece, le attività di merchandising e sponsorship sono bruscamente impennate e divenute vitali per la sostenibilità economica dei club. Deloitte stila annualmente la Football Money League, ovvero la classifica delle società di calcio europee per entrate finanziarie. L'immagine di seguito, estrapolata dal report citato, fornisce un quadro generale ma abbastanza chiaro della leadership inglese.

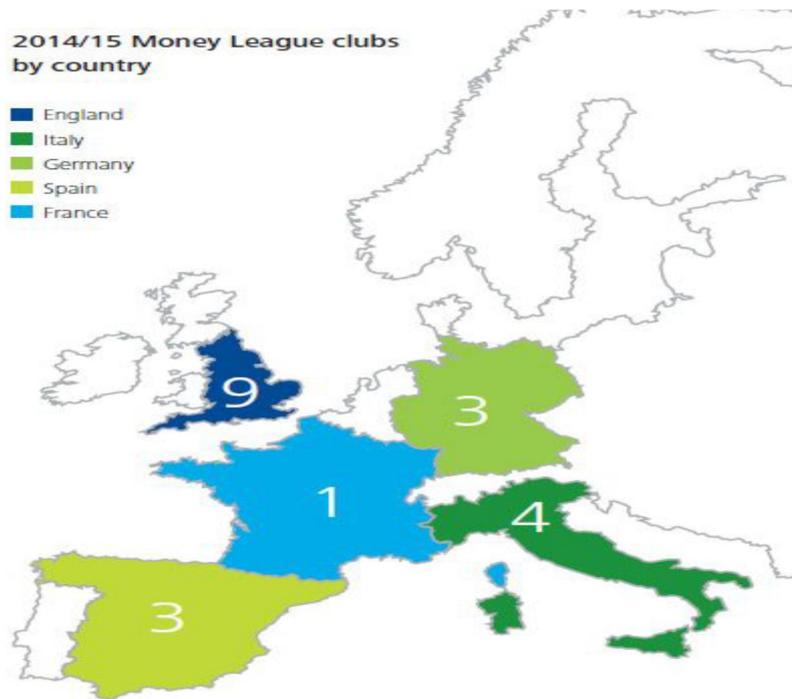


Immagine 3, provenienza dei 20 top club nel 2014/15, fonte: Deloitte

Entrando nei particolari, il podio di questa speciale classifica vede: 1° Real Madrid, 2° Barcellona, 3° Manchester United. Mentre la proprietà qatariota del Paris Saint Germain occupa la 4° posizione seguita in 5° dal Bayern Monaco, solo 10° la prima italiana che è la Juventus.

Nello stesso rapporto si sottolinea per di più l'ascesa in graduatoria dei club di Premier League che nel giro di un anno sono passati da 14 a 17 nelle prime 30 posizioni, rimarcando ancora una volta l'egemonia economica incontrastata del calcio d'Oltremontagna. Sotto un profilo meramente pratico e determinante per i risultati in campo, significa che le società inglesi hanno maggiore potere d'acquisto e quindi si possono assicurare i migliori calciatori in circolazione, attraendo investitori e fan ben disposti a far parte di questo circuito.

Tutti questi fattori uniti alla cultura rispettosa britannica hanno contribuito a rendere la Premier League un'industria sportiva di grande successo (indubbiamente la migliore a livello calcistico internazionale) sia sul fronte ricavi sia per lo spettacolo offerto.

Trattando gli aspetti etico-culturali, il calcio di alto livello non è mai stato (se non in casi eccezionali) un modello educativo. Le alte pressioni imposte dalla competizione e dai media hanno alimentato l'exasperazione di un ambiente già rovente e stressato soprattutto in alcuni paesi.

Ancor più gravemente tutto ciò ricade nella quotidianità. Spesso la cronaca riferisce infatti episodi di razzismo e discriminazione, violenze di vario tipo e molti altri fenomeni sociali scaturiti proprio da questo clima di tensione riconducibili direttamente o indirettamente a questo sport.

Viene così minata la serenità di un movimento intero e la vivibilità di un evento sportivo che dovrebbe essere vissuto solo con passione, gioia e rispetto.

Da questo punto di vista molte realtà europee devono crescere, per prima l'Italia. Ancora una volta il calcio inglese si erige ad esempio positivo, tanto è vero che nella patria del football è stato debellato il fenomeno hooligans attraverso norme mirate e in breve tempo altri programmi sono stati attuati in nome del fair play e della riappropriazione della dignità umana.

Addentrando alle questioni di campo sia professionisti che appassionati discutono molto delle diversità e analogie tra i vari campionati sul piano fisico e tecnico-tattico. Nonostante talvolta le argomentazioni in merito siano piuttosto approssimative, bisogna comunque dare atto dell'esistenza di alcuni luoghi comuni consolidati nel pensiero collettivo: la Serie A è senza dubbio il campionato più tattico e probabilmente uno dei meno intensi per questa ragione, la Liga propone un calcio giocato palla a terra condividendo questa chiara filosofia con la nazionale, la Premier League in contrasto con il passato sembra preferire ora il gioco corto e rimane un concentrato di intensità e sano agonismo, la Bundesliga appare un mix di talento, forza fisica e transizioni veloci unite alla combattiva mentalità tedesca, la Ligue 1 permane tra queste la più difficile da circoscrivere per la minor notorietà e non sembra peraltro possedere un'identità ben riconoscibile che la distingua dalle altre leghe.

Vengono adesso riportati alcuni dati utili nel distinguere i modelli nazionali. Dall'immagine 4 visibile nella pagina seguente, si può evincere sinteticamente la predisposizione del campionato tedesco nello schierare giocatori più giovani e strutturati fisicamente.

Si contrappongono sulla questione stranieri la Premier League e la Liga, la prima si contraddistingue come il campionato multirazziale per eccellenza, mentre la seconda conta sulla più massiccia presenza di giocatori autoctoni d'Europa.



Immagine 4, alcuni dati nei 5 maggiori campionati europei 2014/15, fonte: CIES Football Observatory

Il calcio del Vecchio Continente è comunemente considerato il più prestigioso per storia e preparazione tecnico-tattica e rappresenta il sogno e la meta preferita di ogni calciatore o allenatore che vuole fare carriera a livello internazionale. (1)

(1)Iaia M., Alberti G, Davite A. “Analisi della prestazione fisico-tecnica-tattica nel calcio europeo d’élite durante la stagione 2014-2015”

## Capitolo I: Materiali e Metodi

### Abstract

**Purpose:** The purpose of this study is to verify the physiological effect of training in response to internal load (Cardiac Frequency, Borg Scale, Scale TReS Recovery and Availability) and External Load (GPS), on professional players during weekly training sessions (199 sessions, 43 weeks) and league games (32 official matches).

**Method:** Twenty-two male professional soccer players ( $n = 22$ ) participated in Italian Professional Championship U-19, 2014-2015 (Primavera Serie A e B TIM), have been involved in this study (mean  $\pm$  DS: age  $20 \pm 1.8$  years, height  $181.0 \pm 0.1$  cm, weight  $73.6 \pm 6.6$  Kg, BMI  $23.0 \pm 1.1$  Kg / m<sup>2</sup>, % fat mass  $9.3 \pm 2.7\%$ , sit and reach  $47.0 \pm 8.0$ cm, IR1  $2575 \pm 600$ m, Vo<sub>2</sub>max  $58.1 \pm 0.8$  ml / Kg / min, HRmax  $195 \pm 4.7$  bpm, High Blood Pressure  $137 \pm 10$ mmHg, Low Blood Pressure  $69 \pm 6$  mmHg, CMJ  $39.5 \pm 3.6$ cm, CMJb  $47.0 \pm 3.6$ cm, 20mt Sprint  $3.05 \pm 0.17$ s, C2OD Agility Test  $7.59 \pm 0.24$ s). The training load (internal and external) were analyzed during all training sessions and matches and different parameters were correlated each others to identify which are the most important to describe football players performance.

**Results:** Internal and external training load of 199 sessions and 32 official matches were collected. All individuals correlations between various parameters were statistically significant (from 0.57 to 1.00,  $p < 0.05$ ), but just some weren't statistically significant (from 0.18 to 0.33,  $p < 0.05$ ).

**Conclusions:** The results of this study show that the session-RPE, Edwards Method, can be considered a good indicators of global internal load of soccer training. This method (session-RPE) does not require particular expensive equipment and can be very useful and practical for coaches and athletic trainer to monitor and control internal load, and to design periodization strategies.

Instead Speed High Intensity Distance  $> 16$  Km/h (D\_SHI), Metabolic Power High Intensity  $> 20$ W/Kg (D\_MPFI), Acceleration High Intensity Distance  $> 2$  m/s<sup>2</sup> (D\_ACCHI), Very High Intensity Deceleration Distance  $< - 3$ m/s<sup>2</sup>, (D\_A1), can be considered a good indicators of global external load in soccer training to prevent injuries (likelihood injuries) and analyze performance. These methods require expensive equipment (Global Positioning System (GPS) and Match Analysis System).

**Key words:** internal training load, external training load, global positioning system, high intensity training, match analysis

## Disegno Sperimentale

Per questo studio è stato utilizzato il Person's Correlation Coefficient per mettere in relazione le variabili del carico interno ed esterno tra loro. Analizzando le 22 variabili (5 per il carico interno e 17 per il carico esterno) si è cercato di effettuare mediante analisi della varianza (ANOVA) quale di esse discriminasse meglio tra i soggetti presi in esame, tale da poter indicare chi avesse caratteristiche fisiche migliori rispetto ad un altro e soprattutto quale di esse fosse la più importante per ottenere questa informazione.

Tutti i soggetti sono stati informati delle procedure adottate nel corso della stagione durante gli allenamenti e le partite. Tutti i soggetti sono stati familiarizzati nel periodo pre-season con le scale soggettive: Tres: GQR (Global Quality of Recovery) e TIA (Training Intensity Availability) (Castagna Carlo and Mario Bizzini 2013 TReS©)(2), che consente di determinare la condizione di recupero e la disponibilità del soggetto pre allenamento e pre gara; la Borg Scale CR-10® (© Gunnar Borg, 1982, 1998, 2004 Italiano) (al termine dell'allenamento e della gara per determinare lo sforzo percepito dal soggetto). Prima di ogni allenamento veniva indossato da ogni giocatore il K-GPS (K-Sport, Montellabate PU 20Hz) e la fascia cardio Suunto Memory Belt (Vaanta, Finland). Gli allenamenti sono stati svolti nel periodo pre-season (Luglio-Agosto 2014) ad una temperatura media di 25°-26°C con umidità relativa del 40-60%, le amichevoli estive a 20°-24°C (periodo pomeriggio sera) con umidità relativa 50-55%. Nel periodo in-season (fine Agosto 2014-Maggio 2015), le variazioni della temperatura stagionale sono state relative ai periodi dell'anno: Settembre-Dicembre (da 22° a 12°C) con umidità relativa 60-70%, Gennaio-Maggio (da -5°C a 16°C) con umidità relativa 55-60%. Per motivi di differente ordine (scuola principalmente, viaggio per raggiungere il centro sportivo), non è stato chiesto un regime dietetico particolare agli atleti, ma solo di seguire delle linee guida date dallo staff medico sanitario, che prevedevano in prevalenza una dieta mediterranea con un adeguato apporto di carboidrati pari al 50-60% dell'energia totale assunta. Per motivi religiosi, alcuni atleti si astenevano dall'assunzione di carni di origine suina e animale. L'assunzione di acqua in partita e in allenamento era consentita *ad libitum*, di contro l'utilizzo di integratori salini ed alimentari era modulato dallo staff medico sanitario secondo necessità specifiche ed individuali.

---

(2) L'uso del TReS© è vincolato dalla citazione della fonte. Le norme per il suo corretto impiego possono essere richieste a [castagnac@libero.it](mailto:castagnac@libero.it)

Variabili considerate:

## **ITL (Internal Training Load)**

**1.Borg CR-10 RPE:** Rate of Perceived Exertion

**2.SRPE(AU):** Session RPEqualitative-quantitative method of indirect type used to measure the load internal training through the numerical scale modified Borg CR10 (RPE-TLD)

**3.HR(Bpm):** Heart rate

**4.TReS Scale(AU):** GQR(Global Quality of Recovery) and TIA (Training Intensity Availability)

**5.Edwards Method (AU):**quantitative method used to measure the internal load of training based on five heart rate zones (HR)

Heart Rate Zone ( 5 Zones)

1.50-60% Hrmax;

2.60-70% Hrmax;

3.70-80% Hrmax;

4.80-90% Hrmax;

5.90-100% Hrmax

## **ETL (External Training Load)**

**1.TD:** Total distance

**2.AMP(W/Kg):** Average Metabolic Power

**3.EEE(Kj/Kg):**Energy Expenditure

**4.D\_SHI(m):** Speed High Intensity Distance >16 Km/h

**5.D\_AccHI(m):** Acceleration High Intensity Distance > 2 m/s<sup>2</sup>

**6.D\_DecHI(m):** Deceleration High Intensity Distance < -2 m/s<sup>2</sup>

**7.D\_MPFI(m):** Metabolic Power High Intensity >20W/Kg

**8.%D\_SHI:** % Speed High Intensity Distance respect to TD

**9.%D\_AccHI:** % Acceleration High Intensity Distance respect to TD

**10.%D\_DecHI:** % Deceleration High Intensity Distance respect to TD

**11.%D\_MPFI:** % Metabolic Power High Intensity Distance respect to TD

**12.ED%:** % Equivalent Distance distance traveled at constant speed

**13.D\_A1(m):** Very High Intensity Deceleration Distance < - 3m/s<sup>2</sup>

**14.D\_A8(m):** Very High Intensity Acceleration Distance  $> 3\text{m/s}^2$

**15.%D\_A1:** % Very High Intensity Acceleration Distance respect to TD

**16.%D\_A8:** % Very High Intensity Deceleration Distance respect to TD

**17.D\_S5(m):** Very High Intensity Distance  $>20\text{Km/h}$

## **Il carico interno: TReS Scale, Borg-CR10 Scale e SRPE, Metodo Edwards e HRV, Il carico acuto e il carico cronico mediante SRPE.**

### **1)TReS Scale**

Il prof. Carlo Castagna e il prof. Mario Bizzini (2013) (FIFA F-MARC) hanno creato una scala la TReS, per valutare la condizione dei giocatori pre-allenamento: GQR (qualità globale di recupero) e TIA (Formazione Intensity disponibilità). La domanda da porsi è: in base alla qualità del mio recupero quale è la disponibilità all'allenamento?

Il giocatore deve rispondere indicando il livello di ripresa globale (prima GQR) e la disponibilità di intensità (dopo TIA). Dopo questa risposta il preparatore atletico stabilirà l'intensità di esercizio che l'atleta può sostenere (carico di allenamento individualizzato). Tale scala ha un'alta correlazione con la HRV.

NOTA: E' possibile che il livello non corrispondente: per esempio GQR 4 e TIA 7, è importante rispettare sempre il livello GQR, perché è la reale situazione della condizione del giocatore. (Fig.3.)

<b>In base alla qualità del mio recupero, quale è la mia disponibilità all'allenamento?</b>		
	<b>TIA</b>	<b>GQR</b>
<b>0</b>	Riposo Assoluto	Non ho recuperato affatto
<b>0,3</b>		
<b>0,5</b>	Esercizi di rigenerazione	Recupero molto molto scarso
<b>0,7</b>		
<b>1</b>	Allenamento a intensità molto bassa	Recupero molto scarso
<b>1,5</b>		
<b>2</b>	Allenamento a bassa intensità	Recupero scarso
<b>2,5</b>		
<b>3</b>	Allenamento a intensità moderata	Recupero moderato
<b>4</b>		
<b>5</b>	Allenamento ad alta intensità	Recupero Buono
<b>6</b>		
<b>7</b>	Allenamento ad intensità molto alta	Recupero molto buono
<b>8</b>		
<b>9</b>		
<b>10</b>	Pronto per la competizione	Recupero completo

**Fig.1. TReS Scale (Castagna,Bizzini 2013,unpublished data)**

## 2) Borg-CR10 Scale e SRPE

Gönnar Borg, ha creato due tipi di scale per la valutazione dello sforzo percepito (1985-1987):

- 1) la RPE (ratings perceived exertion) che si basa su 20 livelli (da 1 a 20), ma che di fatto parte dal livello 6.
- 2) CR 10 (category ratio anchored at number 10) che si basa su 10 livelli.

Nella RPE, su 20 livelli, Borg mise in relazione i numeri crescenti (dal 6 fino al 20) con la frequenza cardiaca durante lo sforzo fisico. Ad esempio il livello 16 (sforzo percepito tra pesante e molto pesante) corrisponde all'85% Fcmax, cioè la percentuale di allenamento per la soglia anaerobica. Ai livelli 17 e 18 corrisponde il 90-95% Fcmax, cioè la percentuale di allenamento per la potenza aerobica (allenamento ad alta intensità). (Fig. 2-3)

Per quanto riguarda la CR 10 i livelli 5 e 6 corrispondono all'85% Fcmax, cioè la percentuale di allenamento per la soglia anaerobica. Ai livelli 7 e 8 corrisponde il 90-95% Fcmax cioè la percentuale di allenamento per la potenza aerobica (allenamento ad alta intensità).

SCALA RPE DI BORG		
6	nessuno sforzo	20%
7	estremamente leggero	30%
8		40%
9	molto leggero	50%
10		55%
11	leggero	60%
12		65%
13	un po' pesante	70%
14		75%
15	pesante	80%
16		85%
17	molto pesante	90%
18		95%
19	estremamente pesante	100%
20	massimo sforzo	esaurimento

Fig.2 : Scala di Borg RPE (da 6 a 20)

Rating	Descriptor	CR10 PERCEZIONE DELLO SFORZO
0	Rest	0 NULLO
1	Very, very easy	0.3
2	Easy	0.5 ESTREMAMENTE DEBOLE
3	Moderate	1 MOLTO DEBOLE
4	Somewhat hard	1.5
5	Hard	2 DEBOLE
6		2.5
7	Very hard	3 MODERATO
8		4
9		5 FORTE
10	Maximal	6
		7 MOLTO FORTE
		8
		9
		10 ESTREMAMENTE FORTE
		11
		---
		? MASSIMO ASSOLUTO

(Da Borg, 1981, 1982, 1988)

Fig. 3: Scala di Borg RPE CR -10 (da 0 a 10)

Tale scala era nata all'inizio per valutare le condizioni fisiche dei pazienti cardiopatici ed identificare l'intensità del dolore da essi percepito a seguito dell'incidente cardiovascolare. Così si poteva intervenire adeguatamente a livello medico per trattare il paziente.

In seguito il Dott. Borg, la inserì in ambito sportivo, per identificare l'intensità del carico proposto mediante lo sforzo percepito dal soggetto.

La familiarizzazione dei soggetti con la scala di Borg è semplice, la cosa migliore è chiedere lo sforzo percepito nella seduta o nella gara all'atleta con precisione, facendogli indicare il numero sul foglio, non a voce, da solo, senza che gli altri possano vedere il valore indicato, per non influenzare negativamente la corretta interpretazione del dato.

Dall'analisi del carico interno con la Scala di Borg ricaviamo:

**1) Il carico di allenamento (Training Load)** è il risultato della moltiplicazione tra la durata dell'allenamento e la percezione della fatica (rpe) che ogni giocatore dichiara al termine di ogni seduta e partita.

**TL = DURATA (min) x RPE (UA)**

**Es: 90 minuti x 5 rpe = 450 UA**

**2) L'indice di monotonia** è un parametro che indica se il carico di allenamento al quale sono stati sottoposti i giocatori, in un periodo di almeno una settimana, è stato monotono.

Il periodo risulta monotono quando per diversi giorni il carico (TL) è molto simile, il valore in questione si ottiene prendendo in considerazione il carico medio settimanale e la sua deviazione standard.

**IM = Media Carico Settimanale / Deviazione Standard Settimanale**

**Es: 485 UA / 161,6 UA = 3 UA**

**3) La Fatica Acuta o Strain** è un parametro che si ottiene moltiplicando il carico di allenamento (TL) per la monotonia. Quindi tanto più il carico di allenamento analizzato è stato alto e monotono, tanto più lo strain sarà elevato.

**FA o STRAIN: = Training Load x Monotonia**

**Es: 2427 UA x 3 UA = 7293 UA**

Per quanto riguarda l'analisi dei dati dalla letteratura scientifica relativa all'ambito calcistico sappiamo che l'effetto allenante nella singola seduta si ottiene per valori di session RPE compresi tra 300-600 UA (unità arbitrarie), al di sotto lo stimolo è insufficiente o basso e al di sopra tende ad essere elevato. La somma settimanale del carico di allenamento ideale è tra le 2000-3000 UA, generalmente se il carico di allenamento è > 2600 UA si considera alto, se invece risulta < 2600 UA si considera basso. Bisogna tenere conto però di eventuali variazioni soggettive dell'interpretazione dell'RPE (sovrastima o sottostima). In merito alla FA o Strain, vengono considerati alti valori di

Strain >3600 UA e bassi valori di Strain < 2500. Anche in questo caso c'è una variabilità soggettiva dovuta all'interpretazione della scala dell' RPE.

Per quanto riguarda il training load (TL) è utile guardare grafici riguardanti le ultime settimane di allenamento per visualizzare l'andamento nell'ultimo periodo e non solo nell'ultima settimana. Può essere utile avere un' idea di ciò che è stato fatto avendo l'andamento del training load (TL) di tutte le settimane di lavoro svolte. Inoltre è possibile visualizzare attraverso dei grafici il carico di allenamento individuale, la monotonia e lo strain.

Il carico della partita viene definito:

ALTO: > 700 UA

MEDIO-ALTO: 500-700 UA

MEDIO: 400-500 UA

MEDIO-BASSO: 300-400 UA

BASSO: < 300 UA

In media una partita a settimana rappresenta circa il 25% del carico totale settimanale; invece due partite a settimana rappresentano circa il 65% del carico totale settimanale. Ciò ci fa capire l'importanza di dosare adeguatamente il carico di lavoro nel post gara, soprattutto per i giocatori che hanno fatto tutta la partita. Infatti si può notare dalla scala di Borg e le relative session-RPE come gli sforzi percepiti durante la gara sono importanti e richiedono un adeguato recupero da parte del giocatore, per effetto del fenomeno della fatica permanente che si instaura al termine delle prestazione e delle scorte di glicogeno non ancora ripristinate (48-72h). Bisogna tenere presente anche la capacità di carico del giocatore alla ripresa degli allenamenti, di solito ha un giorno di riposo, ma alle volte non basta per recuperare per effetto dei fenomeni sopracitati..

Uno studio pubblicato da *Impellizzeri FM, Rampinini E, Coutts AJ, Sassi A e Marcora S.* (2004) (32) ha dimostrato scientificamente l'importanza di monitorare l'allenamento mediante tale scala e gli altri metodi basati sulla frequenza cardiaca (FC).

Lo scopo di questa ricerca è stato quello di applicare al calcio il Metodo RPE proposto da Foster et al. (1998) per quantificare il carico interno (session - RPE) e valutare la correlazione con altri metodi utilizzati per determinare il carico interno basati sulla risposta della frequenza cardiaca all'esercizio fisico.

I metodi utilizzati nella ricerca furono i seguenti:

21 giovani calciatori di età compresa tra  $17,6 \pm 0,7$ , peso  $70,2 \pm 4,7$  kg, altezza  $178,5 \pm 4,8$  cm, grasso corporeo  $7,5 \pm 2,2\%$  , Vo<sub>2</sub>max  $57,1 \pm 4.0$  ml/kg/min.

Tutti i soggetti hanno svolto un test incrementale al treadmill prima e dopo il periodo di allenamento, durante il quale è stata determinata la soglia anaerobica (1,5 mmol/L lattato a riposo, basale) e l'OBLA(4.0 mmol/L).

Il carico interno completato durante le 7 settimane di allenamento, costituito da 4 sedute settimanali più la gara di campionato, nel periodo agonistico Settembre-Novembre, è stato determinato moltiplicando i valori di RPE (CR10 – scale) per la durata (tempo in minuti) dell' allenamento, ciò costituisce la Session RPE (SRPE); (es RPE: 5, durata allenamento: 90 minuti; SRPE: 5x90minuti= 450 UA, unità arbitrarie).

La session-RPE, ricavata dagli allenamenti era correlata con le misurazioni del carico interno ottenute mediante tre differenti metodi che si basano sulla Frequenza Cardiaca (FC): Edwards, Banister e Lucia, rispettivamente.

I risultati sono stati molto interessanti: sono stati raccolti i carichi interni individuali di 479 sessioni di allenamento. Tutti i soggetti che hanno preso parte allo studio presentavano varie correlazioni statisticamente significative fra i metodi del carico interno basati sulla frequenza cardiaca e la session-RPE ( da  $r = 0.50$  a  $r = 0.85$ ,  $p < 0.01$ ).

In conclusione questo studio ha dimostrato che la session-RPE può essere considerato un valido metodo ed un buon indicatore per la determinazione del carico interno globale del giocatore di calcio. Cosa importante che tale metodo non richiede una spesa elevata (foglio di carta e penna) ed è facilmente utilizzabile da parte del tecnico (allenatore e/o preparatore) per controllare il carico interno ed effettuare un design per la periodizzazione dell'allenamento.

### 3) Metodo Edwards

Un altro metodo per la determinazione del carico interno, è stato preso in considerazione nella ricerca sopracitata. Si basa sulla frequenza cardiaca ed è stato utilizzato da Foster e al. per validare la RPE-TL. Tale metodo è stato analizzato e correlato alla SRPE in uno studio di Impellizzeri et al del 2004 (32).

Il metodo Edwards si basa sulla misurazione del prodotto della durata dell'allenamento (in minuti) in 5 diverse zone di frequenza cardiaca, con un coefficiente relativo ad ogni zona, e la somma finale dei risultati. E' necessario prima individuare la Fcmax dei nostri soggetti:

Zona 1 = 50-60% Fcmax = 1 o K1

Zona 2 = 60-70% Fcmax = 2 o K2

Zona 3 = 70-80% Fcmax = 3 o K3

Zona 4 = 80-90% Fcmax = 4 o K4

Zona 5 = 90-100% Fcmax = 5 o K5

Esempio:

Zona 1 = 50-60% Fcmax = 16,4' x 1 = 16,4

Zona 2 = 60-70% Fcmax = 9,1' x 2 = 18,2

Zona 3 = 70-80% Fcmax = 9,5' x 3 = 28,5

Zona 4 = 80-90% Fcmax = 17,1 x 4 = 68,4

Zona 5 = 90-100% Fcmax = 4 x 5 = 20

TL: 16,4+18,2+28,5+68,4+20 = 151,5 UA

Edwards TL				
Coefficiente K	%Hrpeak	Lavoro Zona%	Tempo(min.)	Training
				Load
1	50-60%	27	16,4	16,4
2	60-70%	15	9,1	18,2
3	70-80%	16	9,5	28,5
4	80-90%	29	17,1	68,4
5	90-100%	7	4	20
Totale		94	56,1	151,5
Carico Lavoro		80-100%	35	21,1

L'unità di misura utilizzata sono le Unità Arbitrarie (UA), come per il TL, determinato mediante la scala di Borg. (Fig 2-3)

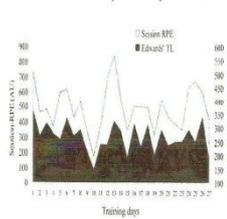


FIGURE 1—Pattern of RPE-based training load (session-RPE) and HR-based training load suggested by Edwards (12) (Edwards' TL) referred to the whole team (N = 19) during the 7 wk of training (27 training days without matches); AU, arbitrary unit.

MONITORING TRAINING LOAD IN SOCCER

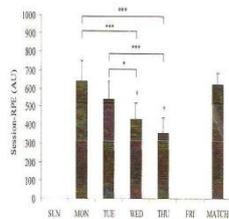


FIGURE 3—Weekly periodization determined using mean weekly RPE-based training load (session-RPE) during the 7 wk of soccer training (N = 19); AU, arbitrary unit; \* P < 0.05; \*\*\* P < 0.001; † P < 0.05; ‡ P < 0.001; statistically different from Saturday (MATCH).

Medicine & Science in Sports & Exercise 1045

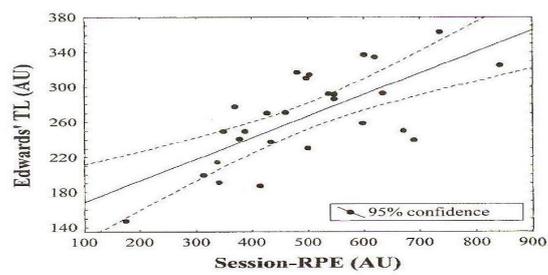


FIGURE 2—Correlation between mean team RPE-based training load (session-RPE) and HR-based training load suggested by Edwards (12) (Edwards' TL) of the 27 training sessions ( $r = 0.71$ ,  $P < 0.001$ ).

Fig. 4-5-6: Edward's TL e SRPE

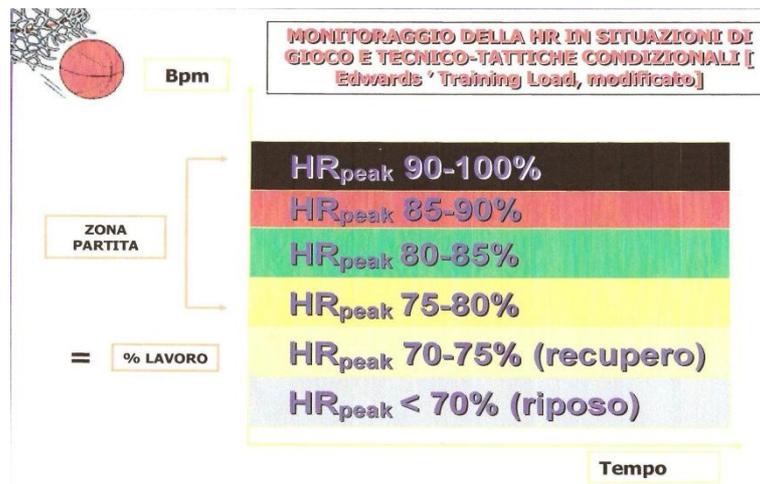


Fig.7 Zone di Frequenza Cardiaca

La % di lavoro si riferisce alla quantità di tempo percentuale in cui l'atleta, in una determinata esercitazione, è in zona partita. Nella % di lavoro è inclusa la zona che va tra 80 e il 100 % della Fcmax.

Le esercitazioni sono intense quando la % di lavoro è superiore al 70% (cioè per almeno il 70% del tempo di esercitazione il giocatore è stato in "ZONA PARTITA").

Per un tempo superiore al 20% si ha una Fc compresa tra il 90-95% Fcmax.

## 5) La HRV (Heart Rate Variability)

Gli studi sulla HRV sono molti e ancora tutt'oggi ci sono informazioni differenti e alcune poco chiare. Molti sono i sistemi per misurarla, cardiofrequenzimetri, mini cardio con software dedicato, specifiche app su cellulare e per i-phone. Il discorso scientifico da affrontare è molto lungo quindi, rimandiamo alla letteratura su pub med per prendere informazioni specifiche di riferimento per analizzare i risultati. Il principio nasce dall'analisi dell'attivazione del sistema nervoso simpatico e parasimpatico e da come esso agisce sulla condizione fisica del soggetto pre-allenamento. Quindi capire se il nostro atleta ha recuperato o meno dall'allenamento o dalla gara precedente (Fig. 6). Lo strumento ha lo scopo di dirci la condizione reale di recupero, di bilanciamento dei sistemi simpatico e parasimpatico con un'analisi di 5' della FC a riposo (di preferenza al mattino appena svegli): In sostanza come sta fisicamente prima di iniziare l'attività fisica e quale carico possiamo somministrare all'atleta se basso, di recupero, media o alta intensità.



Fig. 8 HRV Analysis

## 6) Il carico acuto e il carico cronico mediante SRPE

Allo stato attuale le evidenze scientifiche della letteratura (29), hanno messo in luce la necessità di individualizzare sempre di più il carico di lavoro e rivedere adeguatamente il paradigma della performance (fitness-fatica), per comprendere a pieno il concetto di qual è il carico adeguato di allenamento che devo somministrare al mio atleta, in questo caso calciatore, per ottenere una prestazione adeguata e un basso rischio di infortunio?. Gabbett et al (2016), Malone et al (2015), hanno posto questo paradigma “...should athletes be training smarter and harder?”;” ...The appropriately graded prescription of high training loads should improve players’ fitness, which in turn may protect against injury, ultimately leading to a) greater physical outputs and resilience in competition, and b) a greater proportion of the squad available for selection each week (2).

Tale rapporto tra carico acuto (srpe settimanale) e carico cronico (srpe mensile, media delle 4 settimane), consente di stabilire settimanalmente la probabilità di rischio di infortunio per la squadra e per il singolo giocatore. Tale rapporto *acute:chronic workloads ratio* deve essere tra 0.8-1.3 per avere un basso rischio di infortuni (29). Se esso fosse >1.5 il rischio di infortuni aumenterebbe. Tale modalità di lavoro e analisi del carico interno, consente di analizzare in maniera molto dettagliata la condizione fisica individuale dei propri atleti, così da garantirgli il giusto numero di serie e ripetizioni durante la seduta di allenamento. L’analisi di Gabbett (2016), ha permesso di approfondire un concetto chiave dell’allenamento: qual è la condizione fisica del soggetto che vado ad allenare all’inizio della mia seduta di allenamento? Ma soprattutto qual è la probabilità di infortunio nella quale può incorrere il mio atleta? (Fig.9).

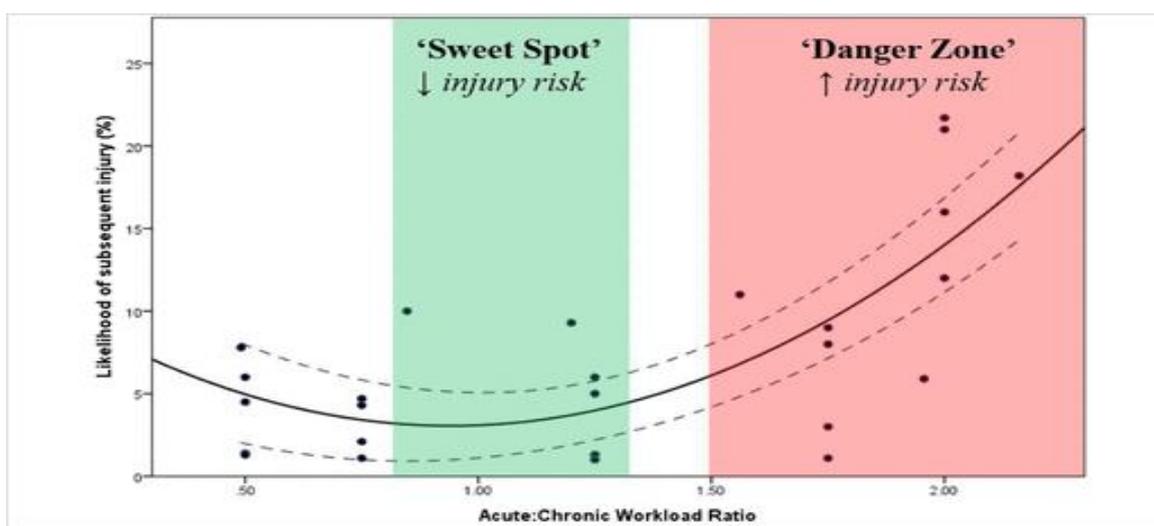


Fig.9. Acute:Chronic Workload Ratio (Gabbett,2016) (29)

- L'area verde (Sweet Spot) rappresenta il rapporto ATL/CTL in cui il rischio di lesioni è basso
  - La zona rossa (zona di pericolo) rappresenta il rapporto ATL/CTL in cui il rischio di lesioni è alto
  - Per la riduzione dei rischi mantenere ATL/CTL in una gamma di circa 0,8-1,3
  - Stabilire moderati carichi di allenamento "CRONICO" e cercare di mantenerli
  - Se raggiunti in maniera "SICURA" i carichi di allenamento Cronico, da moderati ad elevati proteggono da infortunio
  - Ridurre al minimo i cambiamenti repentini del training load settimanale. Grandi variazioni del carico, week-to-week aumentano i rischi di infortunio fino ad anche 4 settimane dopo lo spike (range di sicurezza 10-15% aumento Carico della settimana precedente)
  - Creare dei limiti nel carico, sia superiori che inferiori, cercando di alzare maggiormente quello inferiore (Chronic Load)
  - Assicurarsi che i carichi di allenamento siano appropriati, atleti più giovani sono meno in grado di tollerare carichi elevati e richiedono tempi più lunghi per il raggiungimento di un carico elevato "sicuro"
  - Per la prescrizione dei carichi di allenamento prendere in considerazione l'età dell'atleta, la maturità scheletrica e la storia della sua formazione
- 
- Anche se alcuni studi hanno dimostrato una relazione positiva tra carico di lavoro e lesioni ci sono prove che dimostrano che l'allenamento ha un effetto protettivo contro l'infortunio
  - Atleti che si sono allenati per più di 18 settimane prima di subire una lesione avevano un rischio minore di subire un infortunio
  - La riduzione dei carichi d'allenamento non può essere sempre la soluzione migliore, l'ideale è trovare il 'sweet spot' del carico d'allenamento per ogni giocatore
  - La gestione appropriata dei carichi di allenamento dell'atleta è un passo cruciale per ottimizzare le prestazioni, aumentando la capacità d'allenarsi senza interruzioni

Come si può ben evidenziare:

Piggott et al. (2009), Gabbett et al. (2016) hanno evidenziato che il 40% di infortuni muscolari sono associati a un cambiamento rapido del training load (>10%) rispetto alla settimana precedente. Quando il Training Load incrementa del 15% rispetto alla settimana precedente il rischio d'infortunio aumenta tra il 21 e il 49%. Per minimizzare questi rischi il carico settimanale deve essere non superiore al 10% della settimana precedente. Il rapporto tra carico d'allenamento settimanale (acuto) ed il lavoro svolto nelle 6 settimane precedenti (cronico) costituisce un'analisi specifica relativa alla condizione e preparazione individuale dell'atleta.

---

(2)Gabbett TJ. *The training-injury prevention paradox: should athletes be training smarter and harder?*. Br J Sports Medicine Mar; 50(5): 273-80 2016

## **Il carico esterno: I parametri del K-GPS e analisi K-Fitness, il carico acuto e il carico cronico mediante corsa ad alta ed altissima intensità, accelerazioni e decelerazioni ad alta ed altissima intensità**

### ***1.1 Parametri del K-GPS e analisi K-Fitness:***

Gli indicatori di carico esterno a cui si è fatto riferimento, sono quelli maggiormente indicativi della performance del giocatore durante l'allenamento e la partita, mettendoli in relazione tra di loro possiamo affermare che sono molto utili per il calcolo della probabilità degli infortuni (Gabbett et 2016). Dalla nostra ricerca si evince che, gli elementi del carico esterno analizzati come semplici medie, non ci danno indicazioni adeguate su cosa indagare. Bensì diventa necessario utilizzarli per calcoli predittivi e informativi sul rischio di infortuni.(Fig.10). Allo stesso modo, nella nostra ricerca abbiamo evidenziato le relazioni esistenti tra il carico interno ed esterno, utili a descrivere l'allenamento. Per fare maggiore chiarezza, analizziamo le componenti in esame in ambito della letteratura scientifica per chiarire le differenze tra i 5 massimi campionati europei di calcio. In particolar modo poniamo attenzione sulle capacità di accelerazione e decelerazione dei calciatori professionisti. (Izzo, Lo Castro 2015; Castagna et al, 2016)

### ***1.D\_S5(m): Very High Intensity Distance >20Km/h***

La distanza percorsa ad altissima intensità > 20 Km/h, è un indicatore molto importante della performance fisica del giocatore. Nelle massime leghe europee si percorrono in media tra i 700-800mt per partita ad una velocità >20 Km/h. (Fig.10). Il campionato che evidenzia un dato maggiore in tale parametro è il campionato tedesco (La Bundesliga).

### ***2.D\_AI(m): Very High Intensity Deceleration Distance < - 3m/s<sup>2</sup>***

La distanza percorsa decelerazione molto alta < - 3m/s<sup>2</sup> presenta un valore maggiore è statisticamente significativo del campionato tedesco (Bundesliga) rispetto al campionato inglese (Premier League) (p=0.01). Quindi un campionato molto fisico, quello tedesco, che tende a produrre altissime fasi decelerative. (262,56±27,74mt). Tale dato, della letteratura ci fa riflettere molto su quelle che sono le indicazioni di allenamento: prevedere lavori incentrati su ciò che maggiormente viene sollecitato durante la gara, in questo caso i cambi di direzione e le frenate sono dei mezzi molto importanti da allenare durante la settimana.

**3.D\_A8(m): Very High Intensity Acceleration Distance > 3m/s<sup>2</sup>**

La distanza percorsa ad accelerazione molto alta > 3m/s<sup>2</sup>, come si evidenzia dalla letteratura in esame è maggiormente percorsa nel campionato inglese (Premier League; 243,66±7,42mt), tale dato non evidenzia una differenza statisticamente significativa rispetto alle altre leghe, prese in esame in questi studi.

**4.D\_SHI(m): Speed High Intensity Distance >16 Km/h**

La distanza percorsa ad alta intensità >16 Km/h, come si evidenzia è maggiore nel campionato tedesco (2020,32±93,38mt), rispetto alle altre leghe. Questo conferma ciò che precedentemente abbiamo detto.

**5.D\_AccHI(m): Acceleration High Intensity Distance > 2 m/s<sup>2</sup>**

La distanza percorsa ad alta intensità in accelerazione > 2 m/s<sup>2</sup>, è maggiore nel campionato inglese (Premier League; 718,94±2,77mt) rispetto alle altre leghe, ma non statisticamente significativa.

**6.D\_DecHI(m): Deceleration High Intensity Distance < -2 m/s<sup>2</sup>**

La distanza percorsa ad alta intensità in decelerazione < -2 m/s<sup>2</sup>, è maggiore nel campionato tedesco (Bundesliga; 680,72±56,32mt), rispetto alle altre leghe, ma non statisticamente significativa.

**7.D\_MPHI(m): Metabolic Power High Intensity Distance > 20 W/Kg**

La distanza percorsa a potenza metabolica ad alta intensità > 20W/Kg, è maggiore nel campionato tedesco (Bundesliga; 3098,74±154,52mt), rispetto alle altre leghe, ma non statisticamente significativa.

Questa analisi della letteratura, evidenzia come tutti questi parametri sono dei descrittori di ciò che accade in partita, ma se non contestualizzati e quindi tradotti in pratica, diventano inutili per la programmazione dell'allenamento. Da ciò viene confermato questo trend: la maggiore intensità della Bundesliga, il minore carico esterno prodotto nella Liga, l'attitudine ad esprimere elevate attività accelerative della Premier League. Dove il campionato italiano evidenzia fasi decelerative importanti ad alta ed altissima intensità e un grande ordine tecnico-tattico. Questo testimonia una grande spaccatura dal punto di vista fisico, dovuta all'interpretazione e alla filosofia di gioco nei diversi campionati europei. La domanda è sempre la stessa come programiamo l'allenamento e come utilizziamo questi dati nella pratica di tutti i giorni?

League	ENG		FRA		GER		ITA		SPA	
D	10866,17	± 51,46	10689,21	± 288,42	11309,21	± 295,16	10988,31	± 155,94	10789,44	± 335,35
AMP	10,58	± 0,09	10,44	± 0,41	11,38	± 0,44	10,73	± 0,30	10,64	± 0,33
EEE	61,23	± 0,20	59,51	± 1,95	63,66	± 2,34	61,75	± 1,28	60,06	± 1,95
D_SHI	1884,94	± 20,03	1840,53	± 65,40	2020,32	± 93,38	1861,70	± 157,10	1780,40	± 117,41
D_AcCHI	718,94	± 2,77	595,76	± 62,57	679,19	± 66,23	656,69	± 45,60	618,61	± 24,43
D_DecHI	643,18	± 13,72	594,81	± 54,57	680,72	± 56,32	649,75	± 42,54	607,91	± 20,58
D_MPHI	2870,34	± 29,50	2766,82	± 79,34	3098,74	± 154,52	2878,73	± 183,64	2748,51	± 173,90
%D_SHI	17,10%	± 0,24%	17,00%	± 0,85%	17,62%	± 0,39%	16,68%	± 1,15%	16,31%	± 0,61%
%D_AcCHI*	6,58%	± 0,04%	5,53%	± 0,51%	5,95%	± 0,41%	5,92%	± 0,32%	5,69%	± 0,10%
%D_DecHI	5,88%	± 0,14%	5,52%	± 0,43%	5,97%	± 0,34%	5,86%	± 0,29%	5,60%	± 0,08%
%D_MPHI	26,17%	± 0,34%	25,59%	± 0,51%	27,12%	± 0,68%	25,89%	± 1,25%	25,25%	± 0,80%
ED%	21,25%	± 0,27%	19,74%	± 1,21%	21,05%	± 1,31%	20,83%	± 0,97%	19,74%	± 0,34%
D_A1*	181,13	± 6,04	230,18	± 25,92	262,56	± 27,74	253,11	± 23,27	227,57	± 10,59
D_A8	243,66	± 7,42	200,63	± 34,35	230,21	± 32,85	230,12	± 20,71	216,65	± 8,97
%D_A1*	1,66%	± 0,06%	2,13%	± 0,21%	2,30%	± 0,18%	2,28%	± 0,17%	2,09%	± 0,07%
%D_A8	2,23%	± 0,07%	1,86%	± 0,29%	2,01%	± 0,23%	2,07%	± 0,16%	1,99%	± 0,08%
D_S5	777,63	± 18,33	739,02	± 61,99	813,54	± 42,78	741,74	± 52,86	709,07	± 52,92

LEGENDA FISICI: D= distanza totale ; AMP= potenza metabolica media ; EEE= spesa energetica ; D\_SHI= distanza percorsa > 16 km/h ;  
 D\_AcCHI= distanza percorsa ad alta accelerazione > 2 m/s<sup>2</sup> ; D\_DecHI= distanza percorsa ad alta decelerazione < -2 m/s<sup>2</sup> ; D\_MPHI= distanza  
 percorsa > 20 W/kg ; %D\_SHI= % distanza percorsa a D\_SHI rispetto a distanza totale ; %D\_AcCHI= % distanza percorsa a D\_AcCHI rispetto a distanza totale ;  
 %D\_DecHI= % distanza percorsa a D\_DecHI rispetto a distanza totale ; %D\_MPHI= % distanza percorsa a D\_MPHI rispetto a distanza totale ;  
 D%= % distanza equivalente ; D\_A1= distanza percorsa a decelerazione molto alta < -3 m/s<sup>2</sup> ; D\_A8= distanza percorsa ad accelerazione molto alta > 3 m/s<sup>2</sup> ;  
 %D\_A1= % distanza percorsa a D\_A1 rispetto a distanza totale ; %D\_A8= % distanza percorsa a D\_A8 rispetto a distanza totale ;  
 D\_S5= distanza percorsa > 20 km/h

### Fig.10 Dati fisici dei 5 massimi campionati Europei di calcio (Castagna et al, 2016)

Infatti scopo della nostra ricerca, è stabilire le correlazioni con i parametri del carico interno e vedere quali sono i parametri maggiormente importanti per descrivere la prestazione fisica del giocatore e della squadra e in seguito, studi futuri, un' analisi longitudinale (nel tempo) della performance fisica del giocatore (carico esterno sia individuale che di squadra) in partita e in allenamento, mettendola in correlazione con la prestazione nei test di resistenza (Test incrementale, Test Yo yo Intermittent Recovery liv 1 o 2 etc.). Con lo scopo di rispondere alla domanda, il mio giocatore è performante, è in una condizione fisica adeguata, quanta distanza percorre in accelerazione, decelerazione e ad alta ed altissima intensità di corsa? (Castagna et al 2016).

Inoltre, un' analisi della letteratura sulla relazione carico acuto e carico cronico mediante i parametri del carico esterno (sia individuale che di squadra) per il calcolo della probabilità del rischio di infortunio (Gabbett et al 2016).

## 2. Il rapporto tra il carico acuto e il carico cronico mediante gli indicatori del carico esterno: il calcolo della probabilità del rischio di infortuni

Mediante utilizzo della tecnologia GPS (Global Positioning System), si evince la possibilità di stabilire la relazione tra carico acuto e carico cronico, che ci permette di calcolare la probabilità del rischio di infortuni (Gabbett et al 2016). Come precedentemente effettuato con la SRPE (Session RPE), così possiamo applicare tale analisi con i parametri del carico esterno.

ATL (Acute training load ) FATICA =Media mobile del carico di lavoro degli ultimi 7 giorni

Quindi se devo calcolarmi per la mia squadra e per il singolo atleta tale relazione, non farò altro che prendere la *media mobile* della distanza percorsa ad accelerazioni ad altissima intensità  $> 3\text{m/s}^2$  o delle decelerazioni  $< - 3 \text{ m/s}^2$  o della distanza percorsa ad altissima intensità  $>20 \text{ Km/h}$  o la somma della SRPE degli ultimi 7 giorni.

CTL(Chronic Training Load) FITNESS=Media mobile del carico di lavoro degli ultimi 42 giorni (oppure delle 4 settimane)

Quindi se devo calcolarmi per la mia squadra e per il singolo atleta tale relazione, non farò altro che prendere la *media mobile* della distanza percorsa ad accelerazioni ad altissima intensità  $> 3\text{m/s}^2$  o delle decelerazioni  $< - 3 \text{ m/s}^2$  o della distanza percorsa ad altissima intensità  $>20 \text{ Km/h}$  o la SRPE degli ultimi 42 giorni oppure 4 settimane

*Successivamente effettuerò la divisione ATL/CTL, il cui risultato per essere indice di basso rischio di infortunio per il singolo giocatore e per la squadra dovrà essere compreso tra 0.8-1.3, di contro, se  $>1.5$  il rischio di infortunio sarà molto più alto. (Gabbett et al 2016)*

*Ciò che va tenuto in considerazione è anche la differenza di incremento del carico di lavoro tra una settimana e la successiva: secondo i dati della letteratura l'incremento deve essere compreso tra il 10-15%, non superiore, per non incorrere in rischi maggiori di infortuni.*

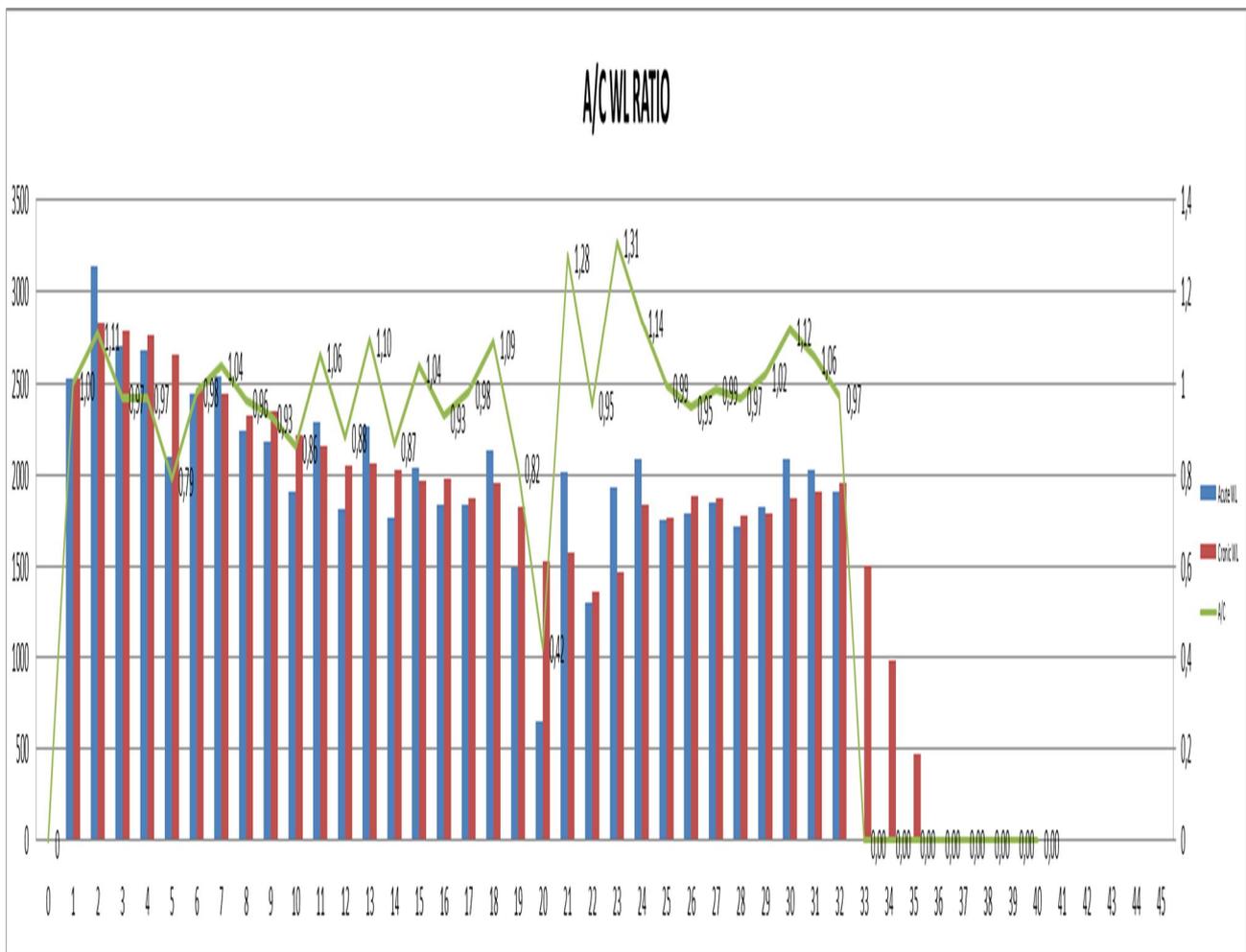
Piggot et al (2009) hanno evidenziato che il 40% di infortuni muscolari sono associati ad un cambiamento rapido del training load ( $>10\%$ ) rispetto alla settimana precedente. Quanto il training

load (TL) incrementa del 15% rispetto alla settimana precedente il rischio di infortunio aumenta tra il 21 e il 49%. Per minimizzare questi rischi il carico settimanale deve essere non superiore al 10% della settimana precedente.

-Il rapporto ACL/CTL costituisce un'analisi specifica relativa alla condizione e preparazione individuale dell'atleta.

-L'allenamento di tipo aerobico è una base fondamentale per la prevenzione degli infortuni, in abbinamento ad altri lavori (sprint training, SSG ecc)

-I programmi di allenamento devono essere appropriati sia a livello fisiologici che psicologico per permettere ai giocatori di far fronte al carico di lavoro e alle esigenze di gioco.(Fig.11)



**Fig.11 A/C Workload Ratio**

## Capitolo II: Ricerca

### Analisi Statistica e Risultati:

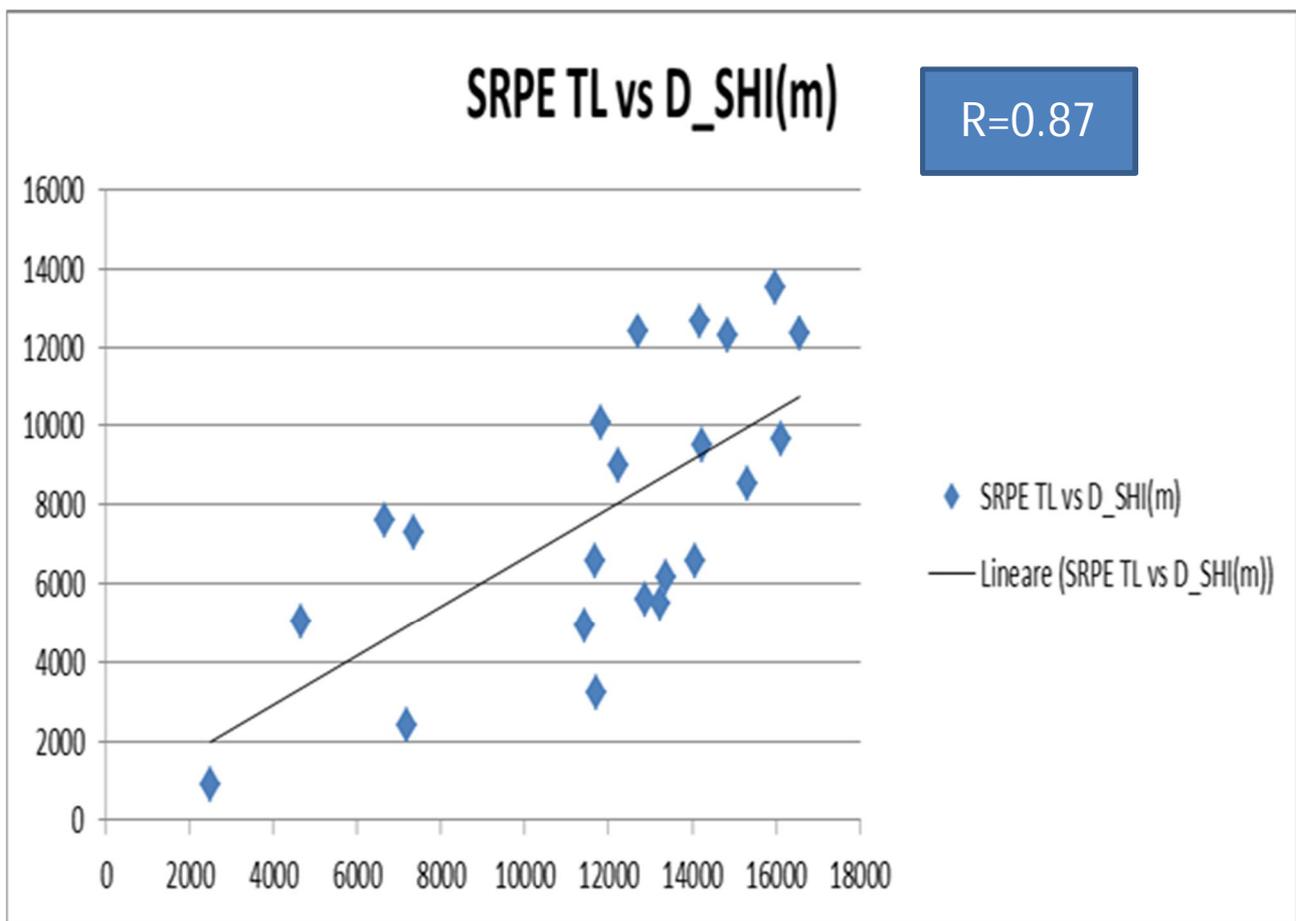
Dall'analisi effettuata (Pearson's Correlation Coefficient) si evidenzia come la SRPE (UA) è un ottimo indicatore del lavoro svolto ad alta intensità, data l'alta correlazione con la D\_SHI (m) (high intensity speed distance > 16 Km/h) ( $r = 0.87$ ) (Fig.12) e con la D\_A1 (Very High Intensity Deceleration Distance < - 3m/s<sup>2</sup>) ( $r = 1.00$ ) ( $p < 0.01$ ) (Fig.13). Questo elemento sottolinea la praticità e l'applicabilità dell'analisi mediante Borg Scale CR-10 (RPE) e l'analisi della SRPE giornaliera e settimanale. Inoltre viene evidenziato una correlazione alta tra Metodo Edwards (Zone di frequenza cardiaca) e D\_SHI (m) (high intensity speed distance > 16Km/h), D\_MPHI(m) (Metabolic Power High Intensity >20W/Kg), rispettivamente ( $r = 0.75$  e  $r = 0.86$ ) (Fig.14 e Fig.15), mentre una correlazione moderata è evidenziata tra metodo Edwards e D\_AccHI(m) (Acceleration High Intensity Distance > 2 m/s<sup>2</sup>) ( $r = 0.57$ ) (Fig.16). La frequenza cardiaca ha una correlazione molto alta ( $r = 0.62$ ) (Fig.17) con il metodo Edwards e moderata con la D\_MPHI(m) (Metabolic Power High Intensity >20W/Kg) ( $r = 0.56$ ). Inoltre è stato utile analizzare se il carico settimanale (SRPE) fosse significativamente differente tra le settimane con nessuna gara, 1 gara e 2 gare, tale da approfondire al meglio la risposta al lavoro somministrato ( $p < 0.05$ ). Il TL (training load settimanale) ( $1688 \pm 1127$  UA) durante le settimana di controllo senza gare non è risultato significativamente diverso rispetto alle settimane con 1 o 2 gare ( $p = 0.054$ ). Non sono state riscontrate differenze significative nella session-RPE settimanali delle settimane che prevedevano una periodizzazione con 1 o 2 gare ( $2329 \pm 166$  UA vs  $2066 \pm 510$  UA, rispettivamente,  $p = 0.85$ ). Le differenze percentuali di carico settimanale sono pari a : 0 Match vs 1 Match 20,2%; 0 Match vs 2 Match 10,1%; 1 Match vs 2 Match 11,3% (Fig.18). Tutto ciò probabilmente dovuto al fatto che nelle settimane senza gare, veniva dato un giorno di riposo in più ai ragazzi, tale da consentire un maggiore recupero (viaggi lunghi). Inoltre nelle settimane con 2 gare gli allenamenti avevano un volume ed un'intensità ridotta, in quanto si giocava spesso: probabilmente tale carico non era sufficiente a generare adattamenti specifici, problema molto attuale in tanti Club professionistici in quanto si gioca spesso e si lavora molto poco in allenamento. Tutto ciò è un limite notevole soprattutto per i giocatori con un numero di minuti partita ridotto, per i quali diventa necessario incrementare il volume di lavoro settimanale per evitare un detraining precoce. Un trend è stato rilevato nella correlazione tra la prestazione nello Yo-Yo IR1 (distanza percorsa) e il punteggio delle session-RPE della settimana in cui è stato effettuato, rispettivamente (pre season IR1 vs session-

RPE agosto  $r = 0.18$ ,  $p = 0.56$ ; in season IR1 vs session-RPE novembre  $r = -0.18$ ,  $p = 0.53$ ; end-season IR1 vs session-RPE  $r = 0.61$ ,  $p = 0.28$ ). Come si può ben evidenziare c'è una correlazione maggiore nella end-season che evidenzia un costante miglioramento nel corso della stagione della performance generale della squadra a livello organico.

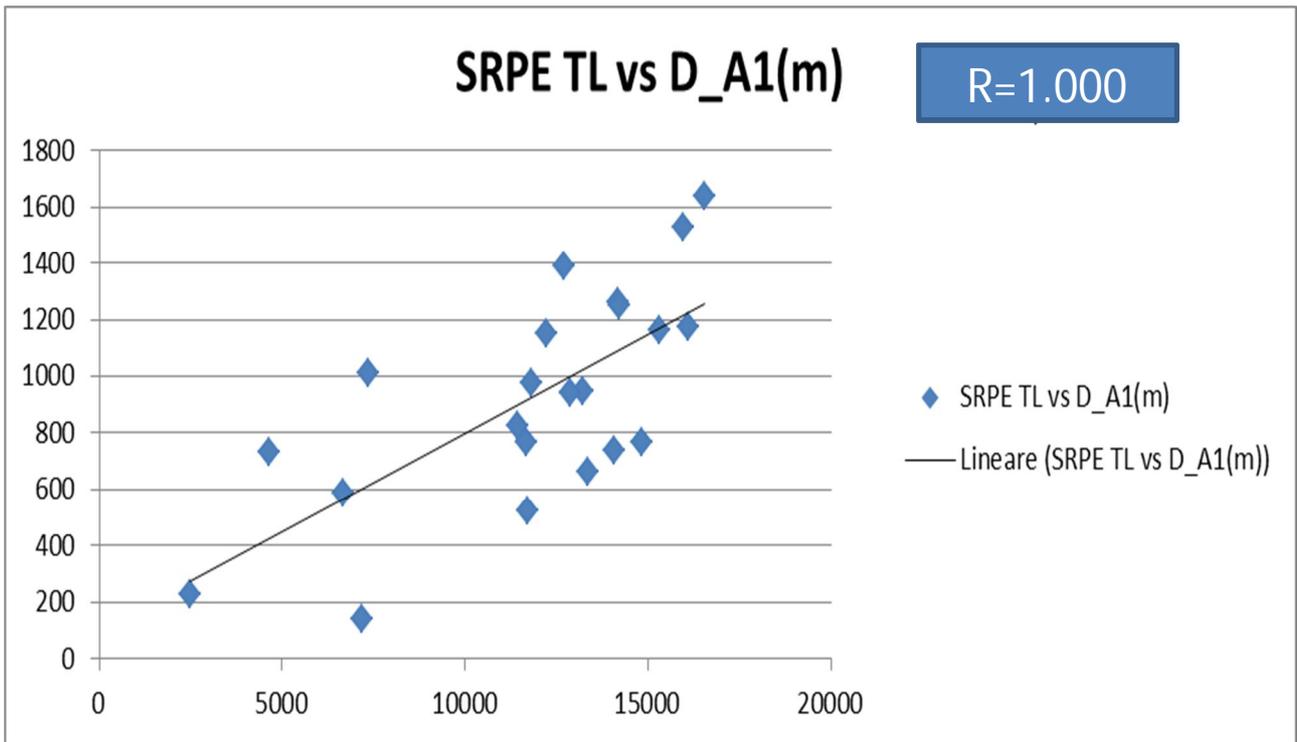
Analizzando le 22 variabili (5 per il carico interno e 17 per il carico esterno si è cercato di effettuare mediante analisi della varianza (ANOVA) quale di esse discriminasse meglio tra i soggetti presi in esame, tale da poter indicare chi avesse caratteristiche fisiche migliori rispetto ad un altro e soprattutto quale di esse fosse la più importante per ottenere questa informazione. La D\_SHI(m) (high intensity speed distance >16 Km/h) e la M\_PHI(m) (Metabolic Power High Intensity >20W/Kg) sembrano essere quelle che discriminano più delle altre un giocatore in condizioni fisiche migliori rispetto ad un altro. Un' ulteriore evidenza viene sottolineata dalla differenza di correlazione tra Metodo Edwards (zone di frequenza cardiaca) e SRPE: L'analisi intra-individuale settimanale nello stesso soggetto evidenzia una scarsa correlazione ( $r = 0.18$ ) (Fig.19), probabilmente dovuta all'influenza dell'allenamento di tipo neuromuscolare (forza) nel corso delle normali sedute settimanali, che non influisce notevolmente a livello cardiovascolare. Viceversa l'analisi inter-individuale tra tutti i componenti della squadra evidenzia la presenza di una correlazione alta tra Metodo Edwards e SRPE ( $r = 0.71$ ) (Fig.20), nella quale il lavoro neuromuscolare, ipotizziamo, non influenza di molto tale relazione. Studi futuri sono necessari per capire questa situazione, ma soprattutto, si può evidenziare come il metodo Edwards sia più adatto alla quantificazione del carico interno di lavoro di natura aerobica, in quanto basato sulle zone di frequenza cardiaca. Infatti si evidenzia, a conferma di quanto detto e analizzato, una correlazione molto bassa tra la D\_S5(mt) e il metodo Edwards ( $r = 0.33$ ) (Fig.21).

Tutto ciò deve chiarire come sia necessario analizzare attentamente il carico di lavoro di natura aerobica ed anaerobica che viene somministrato settimanalmente e prendere in esame i corretti parametri per quantificare ciò che viene proposto ai nostri atleti. Dall'analisi effettuata si può comprendere come sia importante tenere conto di entrambe le analisi e porre obiettivi pre allenamento che siano ottimali per raggiungere la performance fisica desiderata. In conclusione possiamo sottolineare come da questi elementi del carico interno ed esterno possiamo ottenere informazioni importanti sulla quantità del lavoro svolto dai giocatori e come entrambe le componenti possono essere utilizzate per ottenere maggiori informazioni sulla quantità di allenamento da somministrare ai nostri atleti. Con affidabilità elevata e ulteriori studi l'utilizzo della SRPE, della FC e della D\_SHI(m) (high intensity speed distance >16 Km/h) consentono di comprendere l'alta intensità prodotto durante l'allenamento e la gara da parte del singolo giocatore,

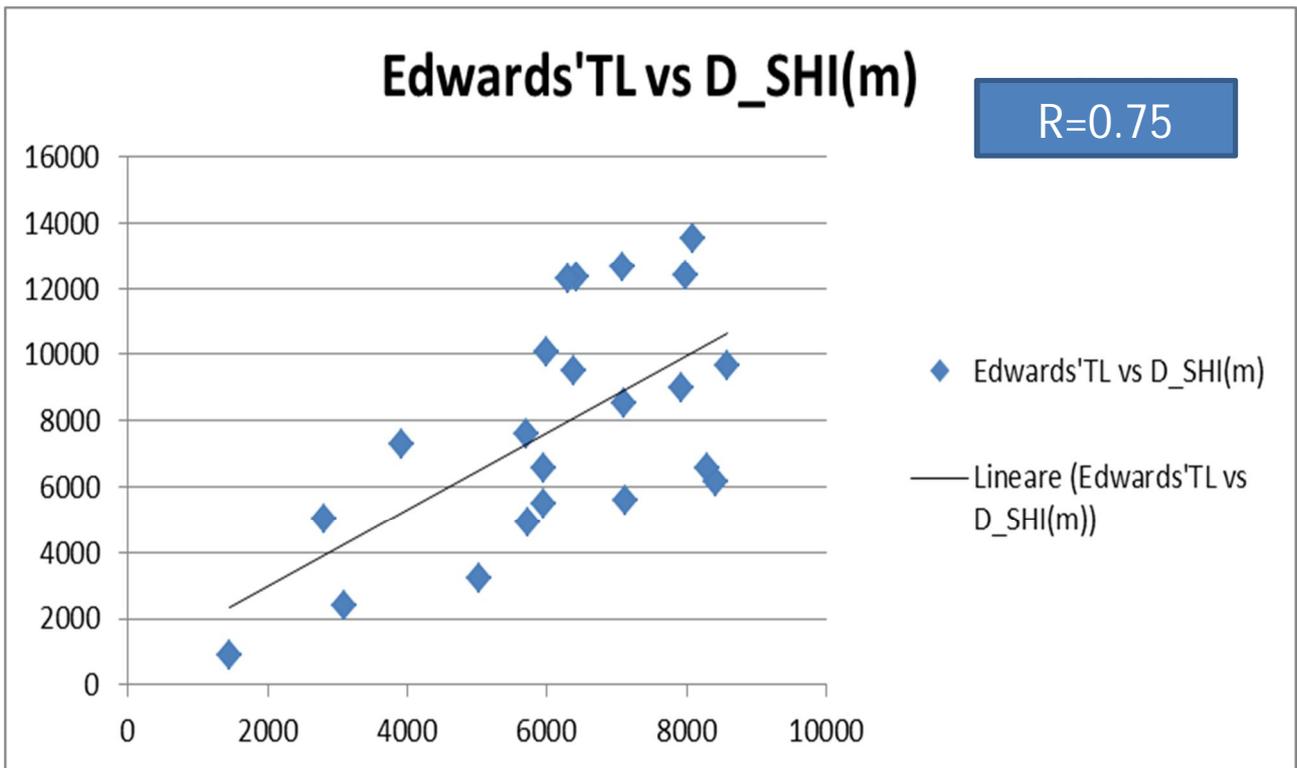
in quanto avendo un'alta correlazione sono un ottimo indicatore di tale parametro. Gli studi futuri dovrebbero mettere sempre più in relazione la prestazione di gara ad alta intensità ( $D_{SHI} > 16\text{Km/h}$ ) ed altissima intensità ( $D_{S5} > 20\text{ Km/h}$ ) con la performance nel test Yo yo intermittent recovery test livello 1 o livello 2 (Bangsbo et al 2008), per analizzare al meglio la condizione fisica del singolo giocatore nel periodo preso in considerazione, così da vedere nel lungo periodo (analisi longitudinale) come si evolve la prestazione e comprendere la necessita di aumentare o ridurre il carico di lavoro settimanale in base alla condizione fisica del momento. Inoltre come confermato dalla recente letteratura (Gabbett et al., 2016) è molto importante stabilire la relazione acute:chronic workload, per comprendere al meglio la probabilità maggiore o minore del rischio di infortuni, a partire dall'analisi dei dati del carico interno (SRPE settimanale e mensile) e del carico esterno ( $D_{SHI}$ ,  $D_{S5}$ ,  $D_{A1}$ ,  $D_{A8}$  settimanali e mensili). L'analisi statistica è stata effettuata mediante il pacchetto statistico per le scienze sociali (SPSS, version 18.0, SPSS Inc, Chicago, IL, USA).



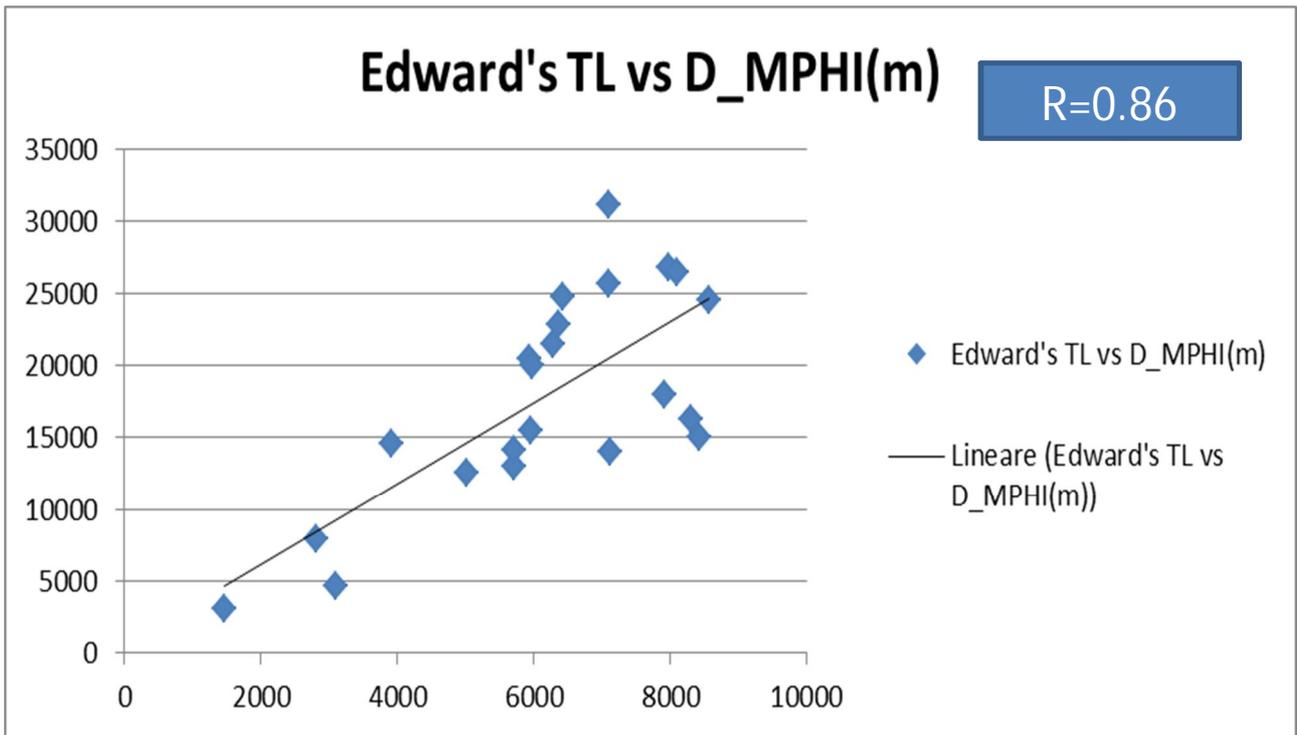
**Fig.12. Correlazione SRPE TL e D\_SHI(m)**



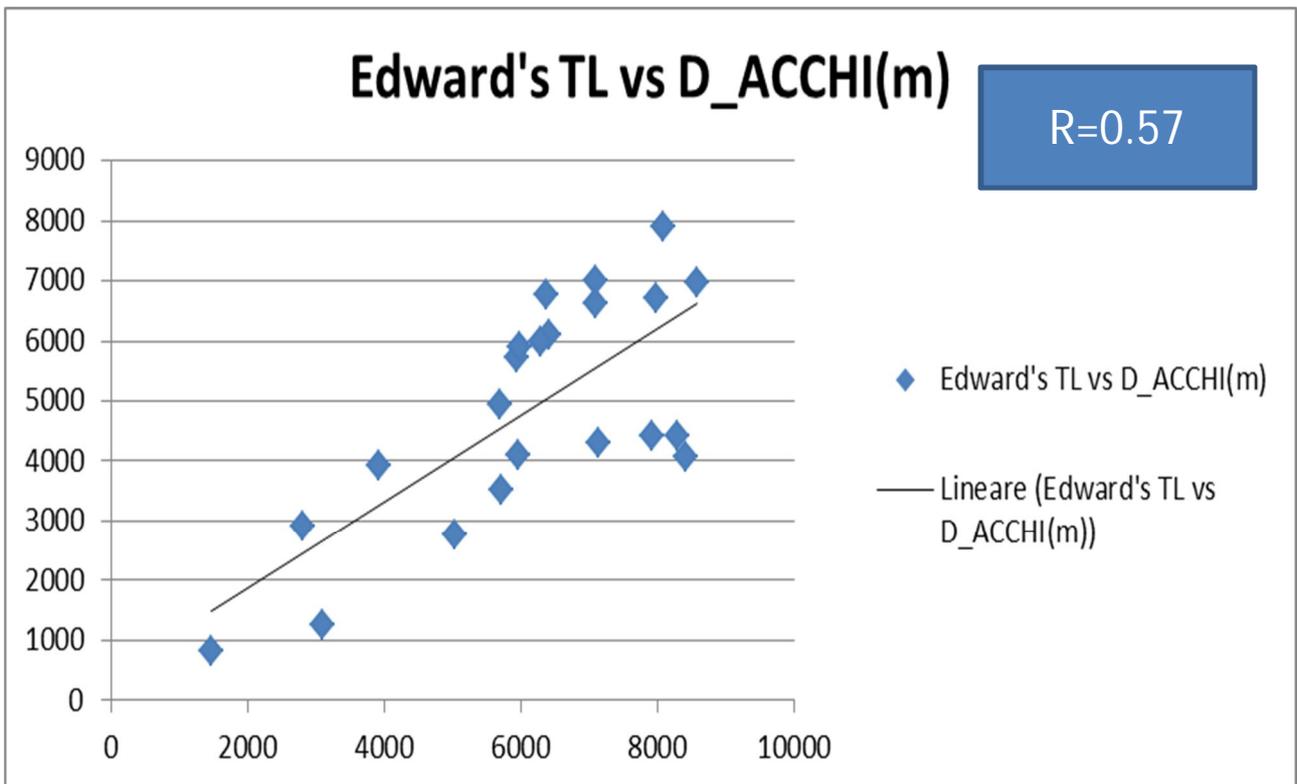
**Fig.13. Correlazione SRPE e D\_A1(m)**



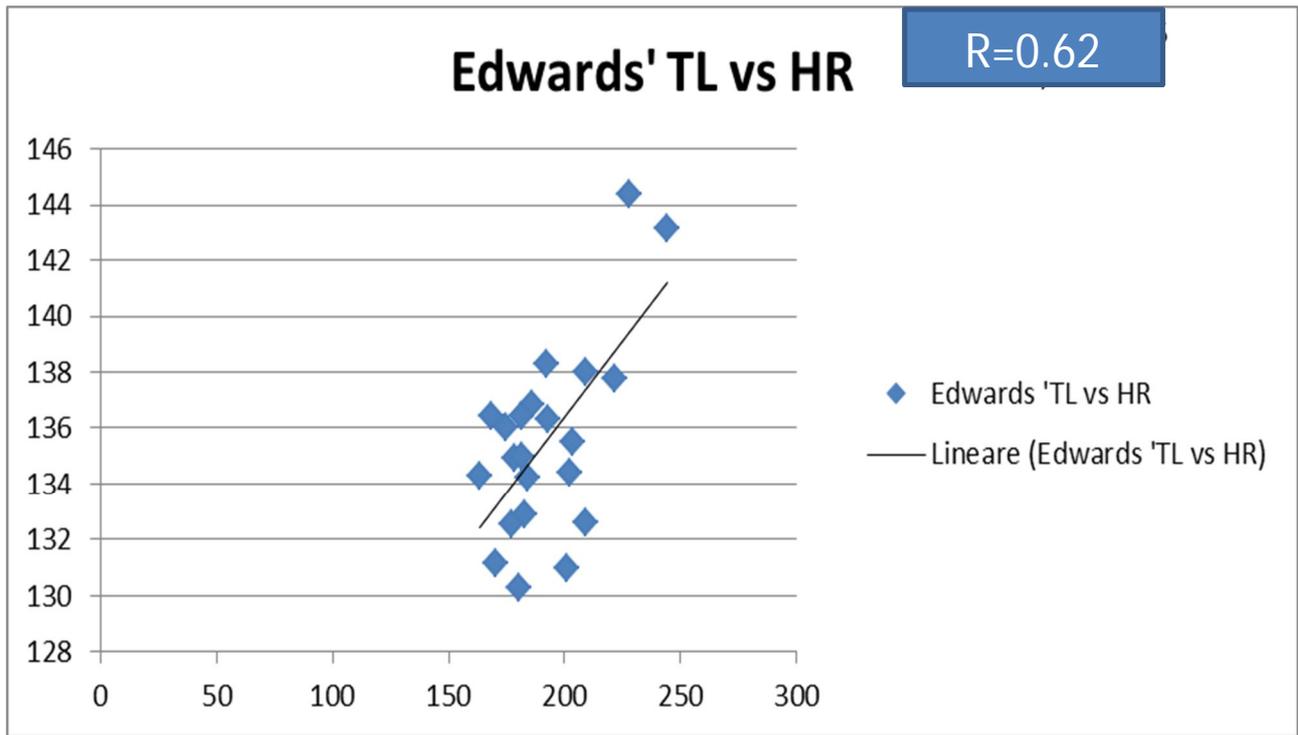
**Fig.14. Correlazione Edwards TL e D\_SHI(m)**



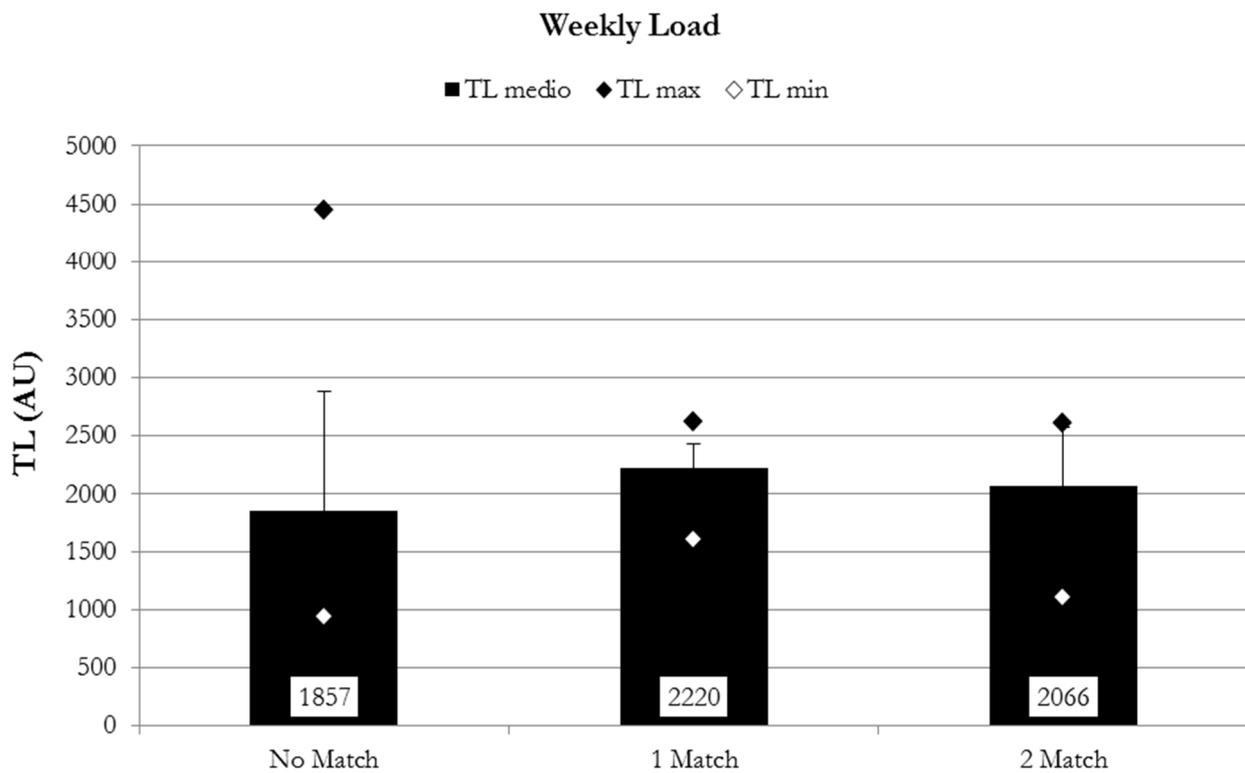
**Fig.15. Correlazione Edwards TL e D\_MPHI(m)**



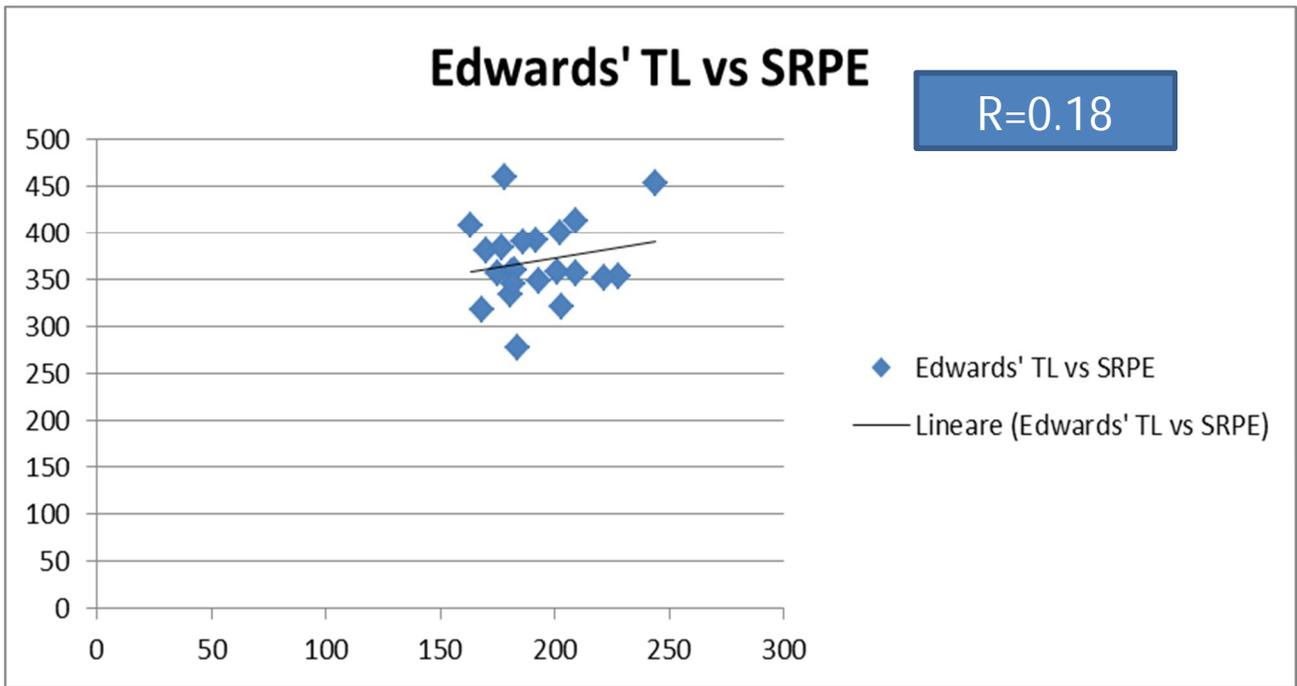
**Fig.16. Correlazione Edwards TL e D\_ACCHI(m)**



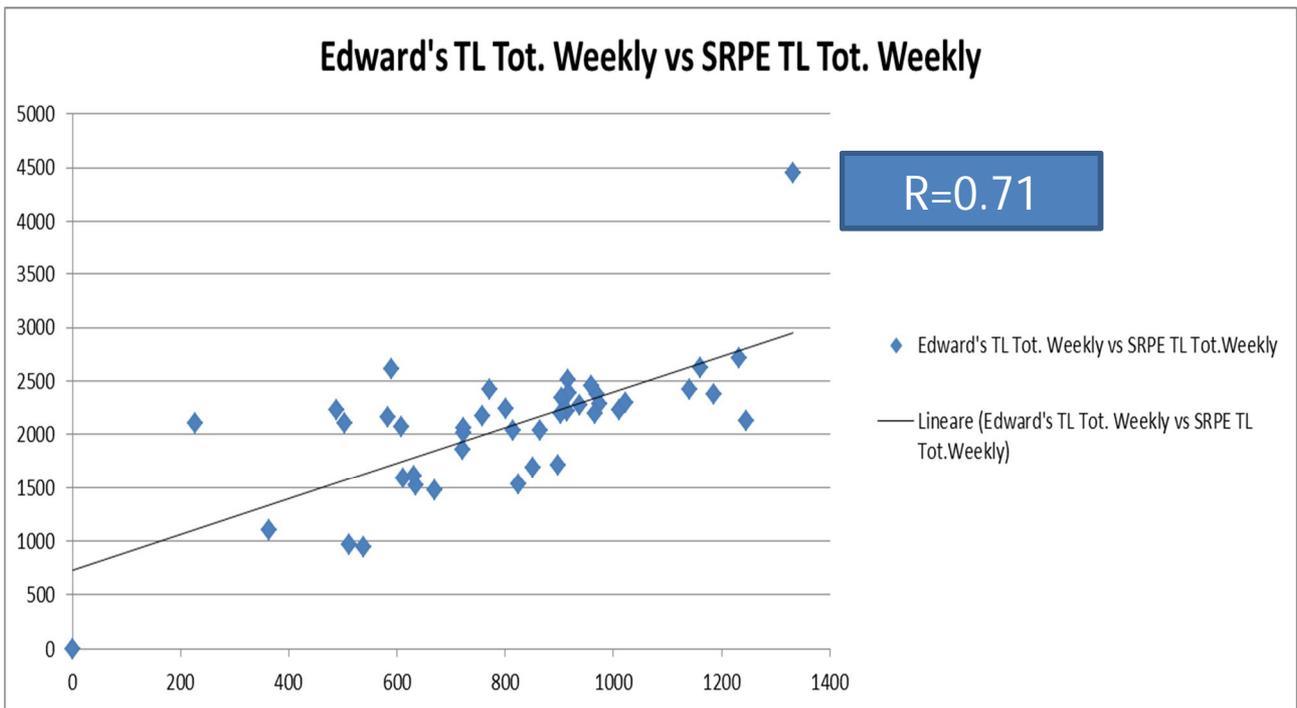
**Fig.17. Relazione Edwards TL e Frequenza Cardiaca**



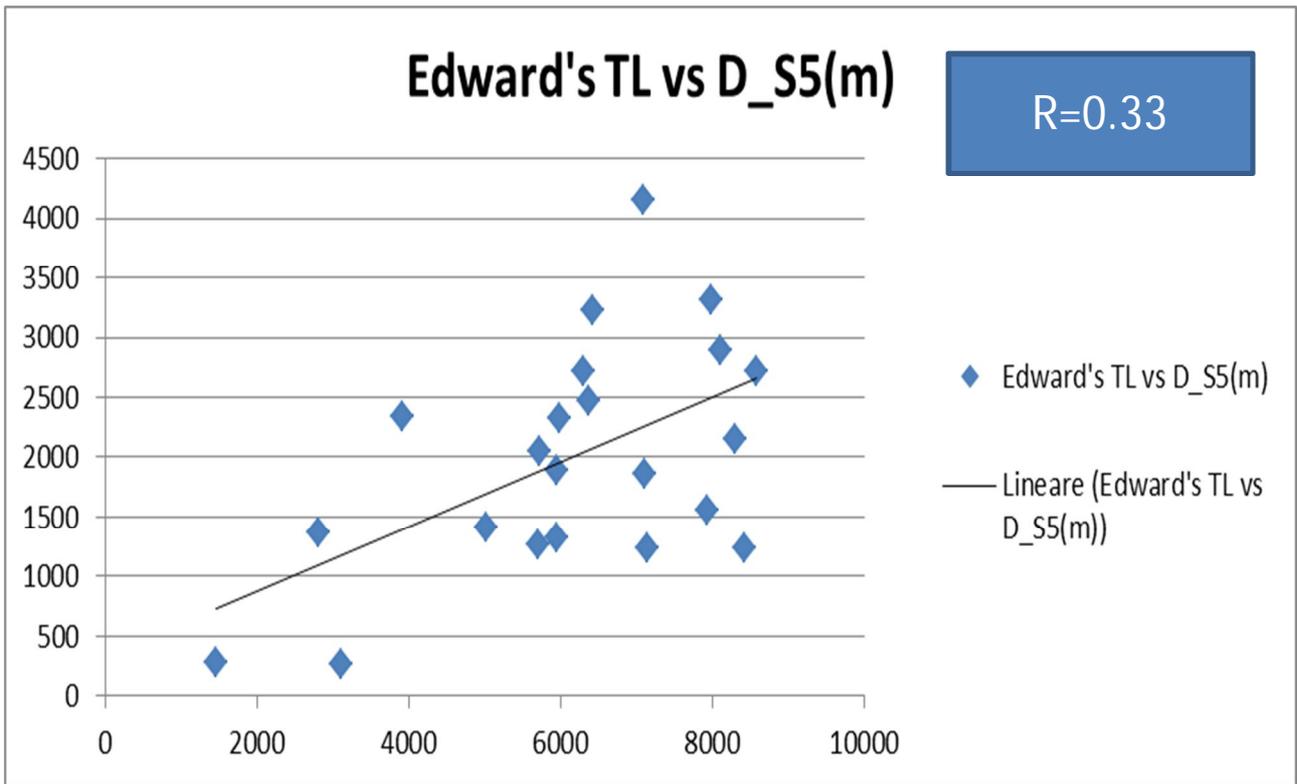
**Fig.18. Differenze tra le settimane senza gara, con 1 gara e con 2 gare**



**Fig.19. Correlazione Edwards TL e SRPE intra-individuale**



**Fig.20. Correlazione tra Edwards TL e SRPE TL inter-individuale**



**Fig.21. Correlazione Edwards TL e D\_S5(m)**

## Capitolo III: Discussione

### Conclusioni e Applicazioni Pratiche

Il carico interno è il descrittore principale di ciò che accade, questo si evidenzia in gran parte degli studi della letteratura scientifica. Il carico esterno è molto influenzato dalle dimensioni e dagli spazi di gioco. La proposta per gli sport di squadra e in questo caso per il calcio è di non allenarsi per la richiesta media della gara, in quanto ciò non permetterebbe di prepararsi ai momenti decisivi caratterizzati da *intensità di corsa maggiori* ( $>16\text{Km/h}$ ). Ciò che diviene molto importante è analizzare lo sforzo percepito in funzione del tempo di lavoro, (SRPE), calcolare il carico giornaliero, settimanale e mensile e stabilire le corrette unità arbitrarie che andiamo a raggiungere con l'allenamento proposto. La correlazione molto alta che la SRPE ha nei confronti della frequenza cardiaca media e della distanza percorsa ad alta intensità ( $>16\text{Km/h}$ ), ci fa comprendere al meglio l'importanza della relazione esistente tra le due componenti interna ed esterna del carico di lavoro. Inoltre si evidenzia anche un'altissima correlazione tra la SRPE (UA) e la D\_A1 (Very high intensity deceleration distance  $< - 3\text{m/s}^2$ ), che conferma ancora di più quanto detto.

Dalla nostra analisi si evince che:

1. Stabilire gli obiettivi dell'allenamento da svolgere
2. Selezionare i corretti contenuti di allenamento (esercizi con e senza palla)
3. Quantificare il volume e l'intensità da raggiungere nella seduta per ogni atleta nel corso della settimana
4. Analizzare il carico di lavoro in tempo reale se possibile (GPS real time, Telemetria, RPE singola esercitazione)
5. Analisi del carico di lavoro a posteriori: corretta interpretazione dei dati del carico interno ed esterno.
6. Classificare le esercitazioni proposte in base alle intensità raggiunte in allenamento

7. A parità di condizione giocatori (in funzione del ruolo) che producono maggiore alta intensità di corsa in allenamento e partita, hanno una performance migliore rispetto ad altri che ne fanno di meno.

8. All'aumentare della D\_SHI(mt) (>16Km/h) prodotta, aumenta lo sforzo percepito RPE

9. La SRPE è in funzione del tempo di allenamento ( $TL=RPE \times \text{Tempo Training}$ ) e si esprime in unità arbitrarie

10. Far riferimento ad una corretta analisi delle SRPE giornaliere, settimanali e mensili per comprendere il carico individuale settimanale "ideale" per il giocatore.

11. Far attenzione a non superare il 10-15% del carico tra una settimana e quella successiva, in quanto il rischio di infortuni aumenta di 4 volte.

12. Stabilire una RPE obiettivo da raggiungere a seconda dell'allenamento proposto, tale da garantire un' adeguata D\_SHI(mt) che possa garantire adattamenti fisiologici nel tempo.

13. Analisi giornaliera, settimanale e mensile delle distanze percorse in D\_A1(mt), D\_A8(mt), D\_AccHI (m), D\_DecHI (m) e creare la relazione carico acuto e carico cronico per il calcolo della probabilità del rischio di infortuni.

14. Evitare di allenarsi secondo la media partita, in quanto non consente di raggiungere intensità adeguate ai momenti decisivi caratterizzati da intensità di corsa maggiori.

15. Adeguata prevenzione degli infortuni nel corso della stagione

## Capitolo IV: Bibliografia

1. Akubat I, Patel E, Barrett S, Abt G. *Methods of monitoring the training and match load and their relationship to changes in fitness in professional youth soccer players.* J Sports Sci. 30(14):1473-80. **2012**
2. Alexiou H, Coutts AJ. *A comparison of methods used for quantifying internal training load in women soccer players.* Int J Sports Physiol Perform. Sep;3(3): 320-30. **2008**
3. Ali A, Farrally M. *Recording soccer players' heart rates during matches.* J Sports Sci. Summer;9(2):183-9. **1991**
4. Aslan A, Acikada C, Güvenç A, Gören H, Hazir T, Ozkara A *Metabolic demands of match performance in young soccer players.* J Sports Sci Med. Mar 1;11(1):170-9. **2012**
5. Bangsbo J, Iaia FM, Krstrup P. *The Yo-Yo intermittent recovery test : a useful tool for evaluation of physical performance in intermittent sports.* Sports Med.;38(1):37-51. Review. **2008**
6. Borg G. *Physical Performance and Perceived Exertion*, Thesis in Studia Psychologica et Pedagogica, **1962**
7. Boyd LJ, Ball K, Aughey RJ. *Quantifying external load in Australian football matches and training using accelerometers.* Int J Sports Physiol Perform. Jan;8(1):44-51. **2013**
8. Brink MS, Frencken W GP, Jordet G, Lemmink KA. *Coaches' and players' perceptions of training dose: not a perfect match.* Int J Sports Physiol Perform. May;9(3):497-502. **2014**
9. Brink MS, Nederhof E, Visscher C, Schmikli SL, Lemmink KA. *Monitoring load, recovery, and performance in young elite soccer players.* J Strength Cond Res. Mar;24(3):597-603. **2010**
10. Buchheit M, Allen A, Poon TK, Modonutti M, Gregson W, Di Salvo V. *Integrating different tracking systems in football: multiple camera semi-automatic system, local position measurement and GPS technologies.* J Sports Sci. Dec;32(20):1844-1857. **2014**
11. Campos-Vazquez MA, Mendez-Villanueva A, Gonzalez-Jurado JA, León-Prados JA, Santalla A, Suarez-Arrones L. *Relationships Between Rating-of-Perceived-Exertion- and Heart-Rate-Derived*

*Internal Training Load in Professional Soccer Players: A Comparison of On-Field Integrated Training Sessions.* Int J Sports Physiol Perform. Jul;10(5):587-92. **2015**

12. Casamichana D, Castellano J, Calleja-Gonzalez J, Roman JS, Castagna C. “Relationship between indicators of training load in soccer players” J.Strength Cond.Res. Feb; 27(2):369-74. **2013**

13. Casamichana D, Castellano J, Castagna C *Comparing.the physical demands of friendly matches and small-sided games in semiprofessional soccer players.* J Strength Cond Res. Mar;26(3):837-43. **2012**

14. Castagna C, Impellizzeri FM, Cecchini E, Rampinini E, Alvarez JC *Effects of intermittent-endurance fitness on match performance in young male soccer players.* J.Strength Cond. Res.;23(7):1954-9 **2009**

15. Castagna C, Impellizzeri FM, Chaouachi A, Bordon C., Manzi V. “Effect of training intensity distribution on aerobic fitness variables in elite soccer players: a case study. J.Strength Cond. Res. Jan; 25(1): 66-71. **2011**

16. Castagna C, Impellizzeri FM, Chaouachi A, Manzi V. “Preseason variations in aerobic fitness and performance in elite-standard soccer players: A team study”. J.Strength Cond. Res. Nov; 27(11): 2959-65. **2013**

17. Castagna, Manzi, *Validity QGR10 in football, Notiziario del Settore Tecnico FIGC, n°6* **2013**

18. Castagna C., Giovannelli M., Manzi V., *Physiologicals Responses and Reliability in Super Small-Sided Games: 5v5, Settore Tecnico FIGC, n°3,* **2014**

19. Castagna C., Locastro L., D’Ottavio S. *Intensità di gioco nelle Leghe Europee: Un’analisi oggettiva, Settore Tecnico FIGC, n°4,* **2015**

20. Castellano J, Puente A, Echeazarra I, Casamichana D. *Influence of the number of players and the relative pitch area per player on heart rate and physical demands in youth soccer.* J Strength Cond Res. Jun;29(6):1683-91. **2015**

21. Dalen T, Jørgen I, Gertjan E, Geir Havard H, Ulrik W. *Player Load, Acceleration, and Deceleration During Forty-Five Competitive Matches of Elite Soccer.* J Strength Cond Res. Feb;30(2): 351-9. **2016**

22. Di Luigi L1, Baldari C, Gallotta MC, Perroni F, Romanelli F, Lenzi A, Guidetti L. *Salivary steroids at rest and after a training load in young male athletes: relationship with chronological age and pubertal development.* Int J Sports Med. Sep;27(9):709-17. **2006**
23. Di Prampero PE, Botter A, Osgnach C, *The energy cost of sprint running and the role of metabolic power in setting top performances.* Eur J Appl Physiol Mar 115(3) 451-69, **2015**
24. D'Ottavio S1, Castagna C. *Physiological load imposed on elite soccer referees during actual match play.* J Sports Med Phys Fitness. Mar;41(1):27-32. **2001**
25. Eniseler N. *Heart rate and blood lactate concentrations as predictors of physiological load on elite soccer players during various soccer training activities.* J Strength Cond Res. Nov;19(4):799-804. **2005**
26. Fanchini M, Ghielmetti R, Coutts A.J., Schena F, Impellizzeri FM. *Effect of training session intensity distribution on Session-RPE in soccer players.* Int J Sports Physiol Perform. 10(4): 426-30.
27. Fessi MS, Zarrouk N, Di Salvo V, Filetti C, Barker AR, Moalla W. *Effects of tapering on physical match activities in professional soccer players.* J Sports Sci. Apr 11:1-6 **2016**
28. Filetti ., D'Ottavio S, Ruscello B, Manzi V, Moalla W *Relationship between high intensity running and outcome of technical-tactical skills in professional soccer players during match play.* American Journal of Sports Science 4(1): 1-9 **2016**
29. Gabbett TJ. *The training-injury prevention paradox: should athletes be training smarter and harder?.* Br J Sports Medicine Mar; 50(5): 273-80 **2016**
30. Gaudino P, Iaia FM, Strudwick AJ, Hawkins RD, Alberti G, Atkinson G, Gregson W, *Factors Influencing Perception of Effort (Session-RPE) During Elite Soccer Training.* Int J Sports Physiol Perform. Feb 11. **2015**

31. Harley JA, Lovell RJ, Barnes CA, Portas MD, Weston M *The interchangeability of global positioning system and semiautomated video-based performance data during elite soccer match play*. J Strength Cond Res. Aug;25(8):2334-6. **2011**

Iaia FM, Rampinini E, Bangsbo J. *High-intensity training in football*. Int J Sports Physiol Perform. Sep;4(3):291-306. Review. **2009**

32. Impellizzeri FM, Rampinini E, Coutts A, Sassi A, Marcora S *Use of RPE-based training load in soccer* Med Sci Sports Exer, Vol.36, No. 6 pp 1042-1047 **2004**

33. Impellizzeri FM, Rampinini E, Marcora SM. *Physiological assessment of aerobic training in soccer*. J Sports Sci. Jun;23(6):583-92. **2005**

34. Impellizzeri FM, Marcora SM, Castagna C, Reilly T, Sassi A, Iaia FM, Rampinini E. *Physiological and performance effects of generic versus specific aerobic training in soccer players*. Int J Sports Med. Jun;27(6):483-92. **2006**

35. Izzo R., "Performance Analysis negli sport di squadra", dispensa a cura di centro copie Urbino, **2010**.

36. Izzo R., Morello Zenatello V., "The study of acceleration capacity decrease in repeated 30 mt sprints", International Journal of Physical Education, Sport and Health, Vol.3, Issue 1, IF 4.69, Tirupati J. Serv. Rohini, New Delhi, India; Jan. **2016**. ISSN (online) 2394-1693, ISSN (Print) 2394-1685.

37. Izzo R., Carrozzo M., "Analysis of significance of physical parameters in football through GPS detection in a comparison with amateur athlete", International Journal of Physical Education, Sport and Health, Vol.2, Issue 2, IF 4.69, Tirupati J. Serv. Rohini, New Delhi, India; Nov./Dec. **2015**. ISSN (online) 2394-1693, ISSN (Print) 2394-1685.

38. Izzo R., Lo Castro L., “The study of acceleration and deceleration capacity decrease in repeated sprints in soccer”, *International Journal of Physical Education, Sport and Health*, Vol.2, Issue 2, IF 4.69, Tirupati J. Serv. Rohini, New Delhi, India; Nov./Dec. **2015**. ISSN (online) 23941693, ISSN (Print) 2394-1685.
39. Izzo R., Sopranzetti S., “Speed, acceleration, deceleration and metabolic power in the work to roles for a workout more targeted in elite football”, *International Journal of Physical Education, Sport and Health*, Vol.2, Issue 2, Tirupati J. Serv. Rohini, New Delhi, India, ISSN (online) 23941693, ISSN (Print) 2394-1685, **2016**.
40. Jeong TS, Reilly T, Morton J, Bae SW, Drust B. *Quantification of the physiological loading of one week of pre-season and one week of in-season training in professional soccer players*. *J Sports Sci*. Aug;29(11):1161-6. **2011**
41. Mahler PB, Rostan A, *Perceived effort: correlation with the anaerobic threshold and usefulness in a training program*. *Schweiz Z Sportmed*. Dec;38(4):187-91. **1990**
42. Malone S., Owen A., Newton M., Mendes B., Collins KD., Gabbett TJ *The acute:chronic workload ratio in relation to injury risk in professional soccer*, *Journal of Science and Medicine in Sport*; 1440-2440(16) **2016**
43. Manzi V, Bovenzi A, Impellizzeri FM, Carminati I, Castagna C. *Individual training-load and aerobic-fitness variables in premiership soccer players during the pre-competitive season* *J. Strength Cond. Res*. Mar; 27(3):631-6 **2013**
44. Manzi V, Impellizzeri FM, Castagna C *Aerobic Fitness Ecological Validity in Elite soccer players: A metabolic power approach* *J. Strength Cond Res*. Apr; 28(4): 914-9. **2014**

45. Moreira A, Arsati F, Cury PR, Franciscon C, de Oliveira PR, de Araújo VC. *Salivary immunoglobulin a response to a match in top-level brazilian soccer players. J Strength Cond Res. Oct;23(7):1968-73 2009*
46. Osgnach C, Poser S, Bernardini R, Rinaldo R, Di Prampero PE, *Energy cost and metabolic power in elite soccer: a new match analysis approach. Med Sci Sports Exerc., Jan 2010: 42(1): 170-8, 2010*
47. Reilly T. An ergonomics model of the soccer training process. *J Sports Sci. Jun;23(6):561-72. 2005*
48. Rodríguez-Marroyo JA, Antoñan C. *Validity of the session rating of perceived exertion for monitoring exercise demands in youth soccer players. Int J Sports Physiol Perform. Apr;10(3):404-7. 2015*
49. Scott BR, Lockie RG, Knight TJ, Clark AC, Janse de Jonge XA. *A comparison of methods to quantify the in-season training load of professional soccer players. Int J Sports Physiol Perform. Mar;8(2):195-202. 2013*
50. Stevens TG, De Ruiter CJ, Van Maurik D, Van Lierop CJ, Savelsbergh GJ, Beek PJ. *Measured and estimated energy cost of constant and shuttle running in soccer players. Med Sci Sports Exerc. Jun;47(6):1219-24. 2015*
51. Suarez-Arrones L, Torreño N, Requena B, Sáez de Villarreal E, Casamichana D, Barbero-Alvarez JC, Munguía-Izquierdo D. *Match-play activity profile in professional soccer players during official games and the relationship between external and internal load. J Sports Med Phys Fitness. Oct 7. 2014*

52. Thorpe RT, Strudwick AJ, Buchheit M, Atkinson G, Drust B, Gregson W. *Monitoring Fatigue During the In-Season Competitive Phase in Elite Soccer Players*. *Int J Sports Physiol Perform*. Feb 24. **2015**
53. Wehbe GM, Hartwig TB, Duncan CS. *Movement analysis of Australian national league soccer players using global positioning system technology*. *J Strength Cond Res*. Mar;28(3):834-42. **2014**
54. Windt J, Gabbett TJ. *How do training and competition workloads relate to injury? The workload-injury aetiology model*. *Br J Sports Med*. **2016**
55. Wong del P, Carling C, Chaouachi A, Dellal A, Castagna C, Chamari K, Behm DG. *Estimation of oxygen uptake from heart rate and ratings of perceived exertion in young soccer players*. *J Strength Cond Res*. Jul;25(7):1983-8. **2011**
56. Wrigley R, Drust B, Stratton G, Scott M, Gregson W. *Quantification of the typical weekly in-season training load in elite junior soccer players*. *J Sports Sci*. 30(15):1573-80. **2012**